

RBC 60.807

SC
FFL-GH
164

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA



**DINÁMICA FLUVIAL DEL RIO ARA
(PIRINEO ARAGONÉS)**

**Memoria para la obtención del grado de Doctor que
presenta DÑA. VIRGINIA RUBIO FERNÁNDEZ.**

Dirigida por los Doctores:

D. JUAN ANTONIO GONZALEZ MARTÍN.

D. JOSE MARÍA GARCÍA RUIZ



MADRID, 1.995

DINÁMICA FLUVIAL DEL RIO ARA

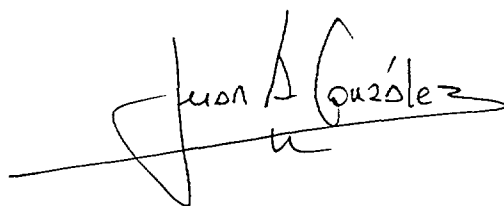
(PIRINEO ARAGONÉS)

Vº Bº, El Codirector de Tesis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jose María García Ruiz', with a long horizontal stroke extending to the right.

Dr.D. JOSE MARÍA GARCÍA RUIZ

VºBº, El Codirector de Tesis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan Antonio González Martín', with a long horizontal stroke extending to the right.

Dr.D. J. ANTONIO GONZALEZ MARTÍN.

Quiero expresar con estas líneas, mi más sincero agradecimiento a las personas e instituciones que me han apoyado a lo largo de estos años.

En primer lugar a mis padres por la confianza y el ánimo que siempre me han dado y por las horas de trabajo en el campo que han compartido conmigo. Un agradecimiento muy especial para Angel por su ilimitada paciencia y su total apoyo hasta los últimos momentos de esta Tesis.

También quiero expresar mi más profunda gratitud a dos personas fundamentales en la realización de esta Tesis: a la Dra. Rosario García, además de por su ayuda y tiempo dedicados a la elaboración e interpretación de los datos analíticos, por su constante motivación y apoyo en el cumplimiento de los plazos marcados; y al profesor Dr. Juan Antonio González Martín su total dedicación, ánimos y enseñanzas tanto en el campo como en el trabajo de gabinete.

Quiero agradecer muy especialmente a M^a José González Amuchastegui su ayuda en la elaboración de gráficos y sus constantes consejos; igualmente a José Miguel Edeso su contribución en la interpretación de las curvas sedimentológicas, a Carlos Martí por su ayuda en la toma de datos direccionales, a Javier Lillo su colaboración en la proyección estereográfica, a Enrique Serrano sus aportaciones en el trabajo de campo y a Blanca Tello en los análisis de exoescopia de cuarzo, a Carmen Hernández sus gestiones con las instituciones y la empresa privada. También quiero dar las gracias a todo el Dpto. de Geología y Geoquímica de esta Universidad por su extraordinaria acogida, especialmente a Raquel Vigil de la Villa, Victoria Cala y Monserrat de La Flor.

No quisiera olvidarme de los inicios de esta Tesis en el Instituto Pirenaico de Ecología del cual guardo un grato recuerdo, agradeciendo a los Dres. Gabriel y Pedro Monserrat sus enseñanzas sobre la vegetación en barras fluviales; y en general a aquel grupo entrañable de becarios que formábamos y que mutuamente no nos dejábamos desfallecer: Fina, Josep, Cheles, Cristina, Carlos, etc.

Por último agradecer la atención prestada en la co-dirección de esta Tesis al Dr. D. José María García, al Consejo de Investigaciones Científicas y a I.C.O.N.A. por el comienzo de esta investigación dentro del Proyecto L.U.C.D.E.M.E. y a todas aquellas personas con las que he cometido la descortesía de omitirles pero que están en mi pensamiento.

INDICE

INDICE

I. INTRODUCCIÓN

- 1. OBJETO Y AMBITO DE ESTUDIO.**
- 2. LA CUENCA DE DRENAJE COMO UNIDAD SISTEMICA DE ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO.**
- 3. METODOLOGIA**
 - 3.1. CARTOGRAFÍA**
 - 3.2. METODOLOGÍA APLICADA AL ESTUDIO DE LAS BARRAS FLUVIALES.**
 - 3.3. TÉCNICAS DE LABORATORIO.**
 - 3.3.1. MATERIALES.**
 - 3.3.2. MÉTODOS ANALÍTICOS.**
 - 3.3.2.1. REACCIÓN DEL SUELO: PH.**
 - 3.3.2.2. CONDUCTIVIDAD**
 - 3.3.2.3. CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA.**
 - 3.3.2.4. CARBONATOS TOTALES.**
 - 3.3.2.5. DETERMINACIÓN DE HIERRO Y ALUMINO AMORFO Y TOTAL.**
 - 3.3.2.6. ANÁLISIS QUÍMICO DE ELEMENTOS MAYORITARIOS Y OLIGOELEMENTOS.**
 - 3.3.2.7. TÉCNICAS SEDIMENTARIAS.**
 - 3.3.2.7.1. Análisis de la fracción gruesa.**
 - 3.3.2.7.2. Análisis granulométrico de la fracción fina.**
 - 3.3.2.8. ANÁLISIS PETROGRÁFICOS Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO .**
 - 3.3.2.9. ANÁLISIS MINERALOGICO DE ARENAS.LI**
 - 3.3.2.10. ANÁLISIS MINERALÓGICO DE LA MUESTRA TOTAL.**
 - 3.3.2.11. ANÁLISIS DE AGUAS.**

II. MARCO ESTRUCTURAL DE LA CUENCA.

- 1. LOS MATERIALES PALEOZOICOS.**
- 2. LOS MATERIALES MESOZOICOS.**
- 3. LOS MATERIALES TERCIARIOS.**
- 4. LAS DEFORMACIONES TECTÓNICAS.**
 - 4.1. LA OROGENIA HERCINIANA.**

4.2. LA OROGENIA ALPINA.

- 4.2.1. DISTENSIÓN CUISIENSE.
- 4.2.2. COMPRESIÓN BIARRITZIENSE.
 - 4.2.2.1. LA UNIDAD DE MONTE PERDIDO.
 - 4.2.2.2. EL ANTICLINAL DE BOLTAÑA.
- 4.2.3. COMPRESIÓN FINI-EOCENA.
- 4.2.4. COMPRESIÓN FINI-OLIGOCENA.
- 4.2.5. REAJUSTES INTRA-MIOCENOS Y PLIOCENOS.

5. MARCO MORFOESTRUCTURAL.

5.1. PRINCIPALES UNIDADES MORFOESTRUCTURALES.

- 5.1.1. PIRINEO AXIAL.
- 5.1.2. SIERRAS INTERIORES.
- 5.1.3. SIERRAS EXTERIORES.

III. ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS.

1. ELEMENTOS GENERALES DEL CLIMA.

2. CARACTERISTICAS CLIMATICAS.

- 2.1. RÉGIMEN TÉRMICO.
- 2.2. RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO.

3. EL COMPORTAMIENTO HIDROLOGICO.

- 3.1. EVALUACIÓN DE LAS APORTACIONES ANUALES.
- 3.2. (EL RÉGIMEN DEL RÍO ARA.) EVALUA. DE LA ESCORRENTÍA MENSUAL
- 3.3. CRECIDAS.
 - 3.3.1. LA ESTACIONALIDAD DE LAS CRECIDAS.
 - 3.3.2. FRECUENCIA Y PROBABILIDAD DE LAS CRECIDAS.

4. ANALISIS DE AGUAS.

IV. DINÁMICA ACTUAL DEL RIO ARA.

- 1. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LOS LECHOS FLUVIALES.
- 2. LOS CURSOS FLUVIALES BRAIDED Y LA FORMACION DE LAS BARRAS.

- 2.1. CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS Y PARTES DE UNA BARRA.

3. TIPOS DE BARRAS.

4. FORMAS ALUVIALES EN LOS RIOS CON LECHOS DE GRAVAS.

5. CARACTERISTICAS DE LAS BARRAS FLUVIALES DEL RIO ARA.

- 5.1. LAS BARRAS FLUVIALES EN EL SECTOR DE BROTO.

5.2. LAS BARRAS FLUVIALES EN EL SECTOR DE AÍNSA.

5.3. CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DE LOS CANTOS DESDE UNA PERSPECTIVA DIRECCIONAL.

5.3.1. COMENTARIO DE LOS DATOS DIRECCIONALES.

5.3.2. CONSIDERACIONES ACERCA DE LA PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA.

5.4. CONSIDERACIONES SOBRE LA ORGANIZACIÓN ESPACIAL Y CRECIMIENTO DE LAS BARRAS DEL RÍO ARA.

6. LAS TRANSFORMACIONES DEL PAISAJE FLUVIAL: 1929-1988.

6.1. EVOLUCIÓN DEL TRAZADO DEL RÍO ARA EN EL TRAMO BAJO.

6.2. EVOLUCIÓN DEL TRAZADO DEL RÍO CINCA EN LA ZONA DE AÍNSA.

6.3. LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS ARA Y CINCA.

6.4. CONSIDERACIONES SOBRE LOS CAMBIOS EXPERIMENTADOS EN LOS RÍOS ARA Y CINCA.

7. LA VEGETACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA DINÁMICA FLUVIAL

7.1. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES DEL RÍO ARA.

7.2. DINÁMICA DE LAS DISTINTAS COMUNIDADES VEGETALES.

7.3. CONSIDERACIONES.

8. LA ACTIVIDAD ANTROPICA Y SU IMPACTO AMBIENTAL

8.1. MODIFICACIONES INDIRECTAS SOBRE EL RÍO ARA.

8.2. MODIFICACIONES DIRECTAS: los cambios ocasionados por la infraestructura hidráulica y por el aprovechamiento de los áridos.

8.3. CONSECUENCIAS DE LA ACCIÓN ANTRÓPICA.

8.3.1. RESPUESTAS GEOMORFOLÓGICA.

8.3.2. RESPUESTAS BIOLÓGICA.

8.4. NUEVAS TENDENCIAS EN LOS ESTUDIOS SOBRE IMPACTO AMBIENTAL.

V. LA CUENCA DEL RIO ARA EN EL CUATERNARIO:
DINAMICA MORFOLOGICA Y AMBIENTES CLIMATICOS.

1. INTRODUCCION: El aluvionamiento de las cuencas pirenaicas: estado de la cuestión.

1.1. LAS TERRAZAS PIRENAICAS EN LA VERTIENTE ESPAÑOLA.

1.2. LA CUENCA DEL ARA: MORRENAS Y ALUVIONAMIENTOS.

1.3. DATOS SOBRE LAS CUENCAS PIRENAICAS FRANCESAS.

1.4. PROCEDENCIA DE LOS MINERALES DE LA CUENCA DEL ARA.

2. PERFIL DE BROTO.

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

2.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

2.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

2.2. CONSIDERACIONES Y SINTESIS SEDIMENTOLÓGICAS.

2.3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS.

3. PERFIL DE FISCAL.

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

3.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

3.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

3.2. CONSIDERACIONES Y SINTESIS SEDIMENTOLÓGICAS.

3.3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS.

4. PERFIL DE LIGÜERRE DE ARA.

4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

4.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

4.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

4.2. CONSIDERACIONES Y SINTESIS SEDIMENTOLÓGICAS.

4.3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS.

5. PERFIL DE PLANILLO.

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

5.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

5.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

5.2. CONSIDERACIONES Y SINTESIS SEDIMENTOLÓGICAS.

5.3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS.

6. PERFIL DE JANOVAS-ANTICLINAL DE BOLTAÑA.

6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

6.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

6.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

6.2. CONSIDERACIONES Y SINTESIS SEDIMENTOLÓGICAS.

6.3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS.

7. PERFIL DE BOLTAÑA.

7.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

7.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

7.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

7.2. CONSIDERACIONES Y SINTESIS SEDIMENTOLÓGICAS.

7.3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS.

8. PERFIL DE AINSA.

8.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

8.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

8.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

8.2. CONSIDERACIONES Y SINTESIS SEDIMENTOLÓGICAS.

8.3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS.

9. LOS APORTES LATERALES ASOCIADOS A BARRANCOS.

10. ANALISIS SEDIMENTOLOGICOS ACTUALES COMO MARCO DE REFERENCIA DEL ESTUDIO DE LAS FORMAS ALUVIALES CUATERNARIAS.

11. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS ANALÍTICOS.

12. ANALISIS PETROGRAFICOS Y MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO.

13. CONSIDERACIONES FINALES ACERCA DE LAS ACUMULACIONES CUATERNARIAS.

VI. CONSIDERACIONES FINALES.

1. FACTORES HIDROLOGICOS.

2. PROCESOS Y FORMAS ACTUALES DEL RIO ARA.

3. TERRAZAS, GLACIS Y CONOS.

VII. BIBLIOGRAFIA

VIII. ANEXOS.

INDICE DE FIGURAS

- Fig.1. Mapa de Situación.
- Fig.2. Diagrama de porcentajes de arcilla, limo y arena.
- Fig.3. Esquema estructural del Pirineo Centro-Oriental y la situación del área de estudio. (Peña Monné, 1983; Hernandez Santón, 1991)
- Fig.4. Características térmicas de la estación de Boltaña.
- Fig.5. Distribución mensual de las precipitaciones.
- Fig.6. Climodiagrama de Walter-Gaussen.
- Fig.7. Características hidrológicas de las aguas del río Ara.
- Fig.8. Régimen hidrológico de los ríos Cinca y Ara.
- Fig.9. Características hidrológicas de las aguas del río Cinca en Ainsa.
- Fig.10. Diagrama de Piper-Hill-Langelier. Verano 1992.
- Fig.11. Diagrama de Piper-Hill-Langelier. Invierno 1993.
- Fig.12. Diagrama de Piper-Hill-Langelier. Verano 1993.
- Fig.13. Clasificación de canales basada en la configuración de los mismos y tipos de carga. (SCHUMM Y MEYER, 1979 en SCHUMM, 1981)
- Fig.14. Respuesta de canales tipo "braided" ante: (a) elevación por generación de una forma anticlinal y (b) subsidencia por generación de una forma sinclinal (OUCHI, 1985).
- Fig.15. Probable génesis de las texturas y secuencias en barras.
- Fig.16. Partes de una barra.
- Fig.17. Unidades sedimentarias de las barras de tipo "humpback" (ALLEN, 1983).
- Fig.18. Tipos de barras, según CHURCH Y JONES (1982).
- Fig.19. Evolución de las barras, según CHURCH Y JONES (1982).
- Fig.20. Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.
- Figs. 21 a 28. Granulometría Broto 07 a 14.
- Figs.29 a 36. Granulometría Ainsa 01 a 08.
- Figs.37 a 51. Proyección estereográfica.
- Fig.52. Evolución del trazado del curso bajo del río Ara (1929-1984).
- Fig.53. Evolución del trazado del curso bajo del río Cinca (1929-88).
- Fig.54. Confluencia de los ríos Cinca y Ara. Año 1976.
- Fig.55. Confluencia de los ríos Cinca y Ara. Año 1984.
- Fig.56. Confluencia en Y de los ríos Cinca y Ara. Partes principales. Año 1956. (HERNANDEZ SANTON, 1991).
- Fig.56-a. Evolución de la vegetación riparia.

Fig.56-b. Perfil longitudinal de los niveles aluviales del rio Ara.

Fig.57. Cortes geomorfológicos y puntos de muestreo realizados en la cuenca del Ara.

Fig.58. Corte geomorfológico del perfil de Broto.

Fig.59. Histogramas litológicos, granulométricos y morfométricos; Broto.

Fig.60. Análisis granulométrico de la fracción fina; Broto.

Fig.61. Diagrama triangular del perfil de Broto.

Fig.62. Diagramas de la fracción ligera y fracción pesada; Broto.

Fig.63. Histograma mineralógico del perfil de Broto.

Fig.64. Corte geomorfológico del perfil de Fiscal.

Fig.65. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (F3).

Fig.66. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (F4).

Fig.67. Columna estratigráfica de las muestras F4 y F5.

Fig.68. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (F5).

Fig.69. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (F2).

Fig.70. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (F1).

Fig.71. Diagrama triangular del perfil de Fiscal.

Fig.72. Análisis granulométrico de la fracción fina; Fiscal.

Fig.73. Diagramas de la fracción ligera y pesada; Fiscal.

Fig.74. Evolución de los porcentajes de turmalina + circón + rutilo en función de la edad de los depósitos.

Fig.75. Histograma mineralógico del perfil de Fiscal.

Fig.76. Variación del contenido de hierro total; Fiscal.

Fig.77. Vista general del valle desde Ligüerre de Ara hasta el Anti-clinal de Boltaña.

Fig.78. Corte geomorfológico del perfil de Ligüerre de Ara.

Fig.79. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (L1).

Fig.80. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (L2).

Fig.81. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (L3).

Fig.82. Análisis granulométrico de la fracción fina; L. de Ara

Fig.83. Diagrama triangular del perfil de Ligüerre de Ara.

Fig.84. Diagrama de la fracción ligera y pesada; Ligüerre de Ara.

Fig.85. Evolución de los porcentajes de turmalina + circón + rutilo en función de la edad de los depósitos.

Fig.86. Histograma mineralógico; Ligüerre de Ara.

Fig.87. Variación del contenido de Fe_2O_3 en función de la antigüedad de la terraza.

Fig.88. Corte geomorfológico del perfil de Planillo.

Fig.89. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (P1).

Fig.90. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (P6).

Fig.91. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (P3).

Fig.91-a. Columna estratigráfica de la terraza-cono 8-12m.

Fig.92. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (P5).

Fig.93. Glacis-cono 84m. sobre cárcavas margosas.

Fig.94. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (P4).

Fig.95. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (P10).

Fig.96. Distribución granulométrica de la fracción fina; Planillo.

Fig.97. Histograma granulométrico de la fracción fina (P1, P3, P4, P5).

Fig.98. Histograma granulométrico de la fracción fina (P6, P8, P10).

Fig.99. Diagrama triangular del perfil de Planillo.

Fig.100. Diagrama de la fracción pesada y ligera; Planillo.

Fig.101. Representación gráfica de turmalina + circón + rutilo.

Fig.102. Histograma mineralógico del perfil de Planillo.

Fig.103. Variación del contenido de $F_2 O_3$ en función de la antigüedad de las terrazas y los conos de Planillo y Jánovas.

Fig.104. Corte geomorfológico del perfil del Anticlinal de Boltaña.

Fig.105. Columna estratigráfica a la salida de Jánovas (Sondeo S-17).

Fig.106. Perfil logitudinal de los espesores de los aluvionamientos actuales del río Ara a partir de datos obtenidos por sondeo para la construcción de la presa de Jánovas.

Fig.107. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (J5).

Fig.108. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (J2).

Fig.109. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (J4).

Fig.110. Columna estratigráfica (terracea 58-64 m.); Jánovas.

Fig.111. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos de la terracea 58-64 m. (J1).

Fig.112. Análisis granulométrico de la fracción fina; Janovas.

Fig.113. Diagrama triangular del perfil de Jánovas.

Fig.114. Diagrama de fracción ligera y pesada del perfil de Jánovas.

Fig.115. Histograma mineralógico del perfil de Jánovas.

Fig.116. Variación del contenido de $F_2 O_3$ en función de la antigüedad de los depósitos; Janovas.

Fig.117. Corte geomorfológico del perfil de Boltaña.

Fig.118. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (B2).

Fig.119. Columna estratigráfica de la terracea 8-12 m. (B6).

Fig.120. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (B6).

Fig.121. Columna estratigráfica del Glacis 60 m. (B7).

Fig.122. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (B7).

Fig.123. Columna estratigráfica de la terracea 55-60 m. (B5).

Fig.124. Rasgos litológicos y granúlométricos y morfométricos (B5).

Fig.125. Columna estratigráfica de la terracea 65 -72 m. (B1).

Fig.126. Rasgos litológicos, granulométricos y morfométricos (B1).

- Fig.127. Distribución granulométrica de la fracción fina; Boltaña.
- Fig.128. Histogramas granulométricos de la fracción fina; Boltaña (1/4).
- Fig.129. Histogramas granulométricos de la fracción fina; Boltaña (5/8).
- Fig.130. Diagrama triangular del perfil de Boltaña.
- Fig.131. Representación gráfica de turmalina + circón + rutilo; Boltaña.
- Fig.132. Diagrama de la fracción pesada y ligera; Boltaña.
- Fig.133. Histograma mineralógico del perfil de Boltaña.
- Fig.134. Variaciones del contenido de Fe total en función de la antigüedad de las terrazas y los glaciares; Boltaña.
- Fig.135. Vista general de la confluencia del río Ara y Cinca.
- Fig.136. Corte geomorfológico del perfil de Aínsa.
- Fig.137. Rasgos granulométricos, litológicos y morfométricos de la barra actual (A6).
- Fig.138. Columna estratigráfica de la terraza +4-6 m.
- Fig.139. Rasgos granulométricos, litológicos y morfométricos (A1).
- Fig.140. Rasgos granulométricos, litológicos y morfométricos (A8).
- Fig.141. Columna estratigráfica Cono +10 m. (A4).
- Fig.142. Rasgos granulométricos, litológicos y morfométricos (A4).
- Fig.143. Columna estratigráfica terraza +15-18 m. (A5)
- Fig.144. Rasgos granulométricos, litológicos y morfométricos (A5).
- Fig.145. Columna estratigráfica terraza +20-23 m. (A10).
- Fig.146. Columna estratigráfica terraza +55-65 m. (A2).
- Fig.147. Rasgos granulométricos, litológicos y morfométricos (A2).
- Fig.148. Rasgos granulométricos, litológicos y morfométricos (A3).
- Fig.149. Rasgos granulométricos, litológicos y morfométricos (C1).
- Fig.150. Distribución granulométrica de la fracción fina; Aínsa.
- Fig.151. Histogramas granulométricos de la fracción fina (A1-C1).
- Fig.152. Histogramas granulométricos de la fracción fina (A6-A11).
- Fig.153. Diagrama triangular del perfil de Aínsa.
- Fig.154. Representación gráfica de turmalina + circón + rutilo; Aínsa
- Fig.155. Diagrama de la fracción ligera y pesada del perfil de Aínsa.
- Fig.156. Histograma mineralógico (A1-A7).
- Fig.157. Histograma mineralógico (A8-A11).
- Fig.158. Variación del contenido de hierro total en función de la antigüedad de las terrazas y conos; Aínsa.
- Fig.159. Histograma litológico y granulométrico de los barrancos Sorrosal, Chaté y Guarga-Cajol.
- Fig.160. Histogramas de desgastes; Barrancos.
- Fig.161. Histogramas de aplanamientos; Barrancos.

- Fig.162. Cortes geomorfológicos y puntos de muestreo en los depósitos actuales del río Ara.
- Fig.163. Histogramas granulométricos y litológicos de las barras actuales (Br1, F3, L1, P1).
- Fig.164. Histogramas granulométricos y puntos de muestreo en las barras actuales (J5, A6 y B2).
- Fig.165. Distribución granulométrica de las arenas en las barras actuales y las llanuras de inundación.
- Fig.166. Histogramas granulométricos de las llanuras de inundación.
- Fig.167. Histogramas granulométricos de las barras del río Ara.
- Fig.168. Representación gráfica general del factor 1 frente al factor 2.
- Fig.168a. Representación gráfica del factor 1 frente al 2 para Broto, Fiscal y Ligüerre de Ara.
- Fig.168b. Representación gráfica del factor 1 frente al 2 para Jánovas y Planillo.
- Fig.168c. Representación gráfica del factor 1 frente al 2 para Aínsa y Boltaña.
- Fig.169. Representación gráfica general del factor 2 frente al factor 5.
- Fig.169a. Representación gráfica del factor 2 frente al factor 5 para Broto, Fiscal y Ligüerre de Ara.
- Fig.169b. Representación gráfica del factor 2 frente al factor 5 para Jánovas y Planillo.
- Fig.169c. Representación gráfica del factor 2 frente al factor 5 para Aínsa y Boltaña.
- Fig.170. Evolución de los valores de pH en función de la altura de los niveles geomorfológicos.
- Fig.171. Porcentajes de plagioclasas en función de la altura de los niveles geomorfológicos.
- Fig.172. Contrastes mineralógicos de pesados de los aluviones (A) de la terraza +55-65 m. de Janovas (J2) y el suelo rojo (J3).
- Fig.173. Contrastes mineralógicos de pesados de los aluviones (A) de (B1) y el suelo rojo (B3).
- Fig.174. Contraste mineralógico de pesados de los aluviones (A) de (P5) y el suelo rojo (P8).
- Fig.175. Contraste mineralógico de pesados de los aluviones (A) de (A4) y el suelo rojo (A11).
- Fig.176. Contraste mineralógico de pesados entre los aluviones (A) de (B5) y (B4).
- Fig.177. Contraste mineralógico de pesados entre los aluviones (A) de (A3) y (A7).
- Fig.178. Porcentajes de caolinita en función de la altura y antigüedad de la formación.

- Fig.179. Síntesis de las variaciones del contenido de hierro total en los aterrazamientos del río Ara.
- Fig.180. Síntesis de las variaciones del contenido de hierro total en los suelos analizados en la cuenca del río Ara.
- Fig.181. Síntesis de las variaciones del contenido de hierro total en los conos , glacis y coluviones del río Ara.
- Fig.182. Diferentes subambientes en un sistema "braided".
- Fig.183. Enlaces morfológicos y sedimentológicos de las terrazas y los coluviones crioclásticos de la cuenca del río Ara.

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Temperaturas medias de la estación de Boltaña.
- Tabla 2. Precipit. media, porcentaje de precipit. mensuales y evapotranspiración (Torla).
- Tabla 3. Precipit. media, porcentaje de precipit. mensuales y evapotranspiración (Boltaña).
- Tabla 4 .Dias de lluvia y nieve en las estaciones de Boltaña y Torla.
- Tabla 5 .Distribución de la media de las precipitaciones y la ETP en los meses de Junio, Julio y Agosto.
- Tabla 6 .Precipitación máxima mensual en 24 h.(mm) (estaciones de Torla y Boltaña).
- Tabla 7 .Clasificación de las barras según los diferentes autores (DABRIO y FERNANDEZ, 1983).
- Tabla 8. Tamaño medio y coeficiente de variación de las diferentes partes de las barras del sector de Broto.
- Tabla 9. Tamaño medio y coeficiente de variación de las diferentes partes de la barra del sector de Ainsa.
- Tabla 10. Análisis sedimentológico de la fracción fina; Broto.
- Tabla 11. Índices granulométricos y morfométricos; Broto.
- Tabla 12. Composición de la matriz fina; Broto.
- Tabla 13. Propiedades químicas del perfil de Broto
- Tabla 14. Porcentaje de la fracción ligera y pesada; Broto.
- Tabla 15. Composición mineral. de la fracción ligera y pesada; Broto.
- Tabla 16. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas; Broto.
- Tabla 17. Composición química de elementos mayoritarios; Broto.
- Tabla 18. Composición química de oligoelementos; Broto.
- Tabla 19. Análisis sedimentológico de la fracción fina; Fiscal
- Tabla 20. Indices granulométricos y morfométricos; Fiscal.
- Tabla 21. Composición de la matriz fina; Fiscal.
- Tabla 22. Propiedades químicas del perfil de Fiscal
- Tabla 23. Porcentajes de la fracción ligera y pesada; Fiscal.
- Tabla 24. Composición mineral. de la fracción ligera y pesada; Fiscal.
- Tabla 25. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas; Fiscal.
- Tabla 26. Composición química de elementos mayoritarios; Fiscal.
- Tabla 27. Composición química de Fe y Mn amorfo y cristalino; Fiscal.
- Tabla 28. Composición química de oligoelementos; Fiscal.
- Tabla 29. Indices granulométricos y morfométricos; Ligüerre de Ara.
- Tabla 30. Análisis sedimentológico de la fracción fina; L. de Ara.
- Tabla 31. Composición de la matriz fina; Ligüerre de Ara.

Tabla 32. Propiedades químicas del perfil de Ligüerre de Ara.

Tabla 33. Porcentajes de la fracción pesada y ligera; L. de Ara.

Tabla 34. Composición mineral. de la fracción pesada y ligera; L. de Ara.

Tabla 35. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas con sus parámetros estadísticos ; L. de Ara.

Tabla 36. Composición química de elementos mayoritarios; L. de Ara.

Tabla 37. Composición química de Fe y Mn amorfo y cristalino; L. de Ara.

Tabla 38. Composición química de oligoelementos; Ligüerre de Ara.

Tabla 39. Parámetros comparativos entre el barranco Guarga-Cajol y el Glacis-Cono 84m.

Tabla 40. Índices granulométricos y morfométricos; Planillo.

Tabla 41. Análisis sedimentológicos de la fracción fina; Planillo.

Tabla 42. Composición de la matriz fina; Planillo.

Tabla 43. Propiedades fisico-químicas; Planillo.

Tabla 44. Porcentajes de la fracción pesada y ligera; Planillo.

Tabla 45. Composición mineral. de la fracción ligera y pesada; Planillo.

Tabla 46. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas del perfil de Planillo.

Tabla 47. Composición química de elementos mayoritarios; Planillo.

Tabla 48. Composición química de Fe y Mn amorfo y cristalino; Planillo.

Tabla 49. Composición química de oligoelementos; Planillo.

Tabla 50. Índices granulométricos y morfométricos ; Jánovas.

Tabla 51. Análisis sedimentológicos de la fracción fina; Janovas.

Tabla 52. Composición de la matriz fina; Janovas .

Tabla 53. Propiedades fisico químicas; Janovas.

Tabla 54. Porcentajes de la fracción ligera y pesada; Janovas.

Tabla 55. Composición mineral. de la fracción ligera y pesada; Janovas.

Tabla 56. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas con sus parámetros estadísticos; Janovas.

Tabla 57. Composición química de elementos mayoritarios; Janovas.

Tabla 58. Composición química de Fe y Mn amorfo y cristalino; Janovas.

Tabla 59. Composición química de oligoelementos; Janovas.

Tabla 60. Índices granulométricos y morfométricos; Boltaña.

Tabla 61. Análisis sedimentológico de la fracción fina; Boltaña.

Tabla 62. Distribución de la matriz fina del perfil de Boltaña.

Tabla 63. Propiedades fisico-químicas; Boltaña.

Tabla 64. Porcentajes de fracción pesada y ligera; Boltaña.

Tabla 65. Mineralogía de la fracción pesada y ligera; Boltaña.

Tabla 66. Composición mineralógica de muestra total y mineralogía de arcillas; Boltaña.

Tabla 67. Composición química de elementos mayoritarios; Boltaña.

Tabla 68. Composición de Fe_2O_3 y Mn amorfo y cristalino; Boltaña.

Tabla 69. Composición química de oligoelementos; Boltaña.

Tabla 70. Índices granulométricos y morfométricos; Aínsa.

Tabla 71. Composición de la matriz fina; Aínsa.

Tabla 72. Análisis sedimentológico de la fracción fina; Aínsa.

Tabla 73. Propiedades fisico-químicas; Aínsa.

Tabla 74. Porcentajes de la fracción pesada y ligera; Aínsa.

Tabla 75. Composición mineralógica de la fracción pesada y ligera.

Tabla 76. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas; Aínsa.

Tabla 77. Composición química de elementos mayoritarios; Aínsa.

Tabla 78. Composición química de hierro y manganeso amorfo y cristalino; Aínsa

Tabla 79. Composición química de oligoelementos; Aínsa.

Tabla 80. Índices granulométricos, litológicos y morfológicos; Barrancos.

Tabla 81. Índices granulométricos y morfométricos de las barras actuales.

Tabla 82. Análisis sedimentológico de la fracción fina de las barras y llanuras de inundación.

Tabla 83. Matriz de correlación.

Tabla 84. Coeficientes de correlación más significativos extraídos de la matriz.

INDICE DE FOTOS.

- Fotogr. 1. Vista del Anticlinal de Boltaña.
- Fotogr. 2. Detalle de la estructura del Anticlinal de Boltaña.
- Fotogr. 3. Puente provisional de paso a Jánovas destruido por la crecida de 1982.
- Fotogr. 4. Losa de hormigón del puente de Jánovas.
- Fotogr. 5. Barras laterales en las inmediaciones de Jánovas.
- Fotogr. 6. Bloque de gran tamaño actuado como trampa de sedimentos.
- Fotogr. 7. Bloque actuando de trampa de sedimentos finos.
- Fotogr. 8. Riffles y pequeños microcanales.
- Fotogr. 9. Levée: pequeño dique natural.
- Fotogr. 10. Valle del río Cinca. Junio 1977.
- Fotogr. 11. Valle del río Cinca. Agosto 1984.
- Fotogr. 12. Valle del río Cinca. Septiembre 1988.
- Fotogr. 13. Valle del río Cinca. Diciembre 1993.
- Fotogr. 14. Confluencia y Embalse de Mediano; Junio de 1977.
- Fotogr. 15. Confluencia y Embalse de Mediano; Septiembre de 1988.
- Fotogr. 16. Confluencia y Embalse de Mediano; Junio de 1993.
- Fotogr. 17. Detalle de la confluencia de los ríos Ara y Cinca; Junio 1993.
- Fotogr. 18. Escollera en el río Ara (sector Aínsa).
- Fotogr. 19. Extracción de áridos en el río Cinca.
- Fotogr. 20. Nivel de acumulación fluvial +58-64 (J1).
- Fotogr. 21. Deposito de grezè litée (J6).
- Fotogr. 22. Río Ara y terraza +55-65m (A3 y A7).
- Fotogr. 23. Detalle de la terraza +55-65m (A3) apoyandose sobre el substrato margoso.

I. INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

1. OBJETO Y AMBITO DE ESTUDIO

Los ríos y cursos de agua, en general son elementos fundamentales en el paisaje, siendo uno de los sistemas geomorfológicos más destacados que operan en la superficie terrestre.

En España, la Geomorfología fluvial está aún en fase inicial. Con todo, existen algunos precedentes relacionados con el comportamiento del cauce en ocasiones de avenidas extraordinarias, o integrando al lecho fluvial en el contexto de funcionamiento global de una cuenca. Pero apenas se cuenta con estudios de detalle de las estructuras sedimentarias y su dinámica (evolución, colonización vegetal, alteraciones humanas etc.), siendo como son la base de la configuración del paisaje fluvial.

En este trabajo concebimos al cauce como elemento que se integra en el paisaje y al ser un río de montaña lo hace a un ritmo más rápido y de forma espectacular. Ese paisaje está compuesto por una serie de formas con unas estructuras sedimentarias y erosivas que cambian de posición y tamaño (unas veces de modo rápido y otras mucho más lento). Comprender la dinámica de ese paisaje geomorfológico permitirá entender buena parte del comportamiento de un río, que expresa precisamente sus rasgos hidrológicos y geodinámicos a través de las estructuras que crea y destruye sucesivamente.

El objetivo fundamental de esta Tesis es estudiar el carácter y comportamiento de un sistema fluvial: el río Ara; así como las interacciones de sus componentes: clima, geología, características de la cubierta vegetal, suelos etc.; todos juntos van a determinar la geometría de la red, el régimen hidrológico, la importancia de la erosión y la cantidad y tipos de sedimentos suministrados.

El río Ara se sitúa al Norte de la provincia de Huesca, constituyendo el área de contacto entre los valles occidentales y

orientales del Pirineo Aragonés (Fig.1). Este río pirenaico nace en el Macizo del Vignemale (Pirineo axial), factor geográfico que condiciona su régimen nivo-pluvial. Con 688 Km² de cuenca, las aguas discurren desde el valle de Bujaruelo y Ordesa hasta llegar a la Depresión Media. En su recorrido atraviesa las principales unidades estructurales y litológicas del Pirineo: el Paleozoico de las zonas axiales con las calizas, cuarcitas y granitos de la parte oriental del macizo de Panticosa; el Mesozoico de las Sierras Interiores, fundamentalmente calizas, areniscas y calizas margosas correspondientes al tramo oriental de la Sierra de Tendeñera y a los relieves del valle de Ordesa, y por último el Cenozoico compuesto por flysch progresivamente más margoso a medida que avanzamos hacia el sur, hasta llegar a las margas de la Depresión Media. Conviene precisar, no obstante, que esta última queda interrumpida por el gran accidente tectónico del Anticlinal de Boltaña (sector de Jánovas), formado por materiales carbonatados de edad eocena y emergido con una dirección Norte-Sur que le caracteriza y distingue.

Desde el punto de vista morfoestructural, la zona encierra una gran complejidad. Los únicos sectores autóctonos corresponden a los bloques graníticos de cabecera mientras que el resto está formado por mantos de corrimiento hacia el sur; en cabecera se desarrolla una superposición de pliegues cabalgantes, cuya evolución geomorfológica ha dado lugar a un relieve extraordinariamente escarpado.

El área de estudio comprende desde la localidad de Broto hasta la confluencia con el río Cinca en Aínsa (hoja n° 146 y hoja n° 211-Boltaña del Mapa Topográfico Nacional. Escala 1:50.000).

En esta Tesis se abordan dos objetivos fundamentales. Por un lado se analizan la dinámica actual que interviene en el lecho del río Ara y el conjunto de acumulaciones y barras que jalonan su alcance. Los tramos estudiados de mayor interés son los comprendidos entre las localidades de Broto a Sarvisé y de Boltaña a Aínsa, es decir, hasta su desembocadura con el río Cinca. Las características del substrato y la amplitud del valle en dichas zonas, permite que el río adopte un

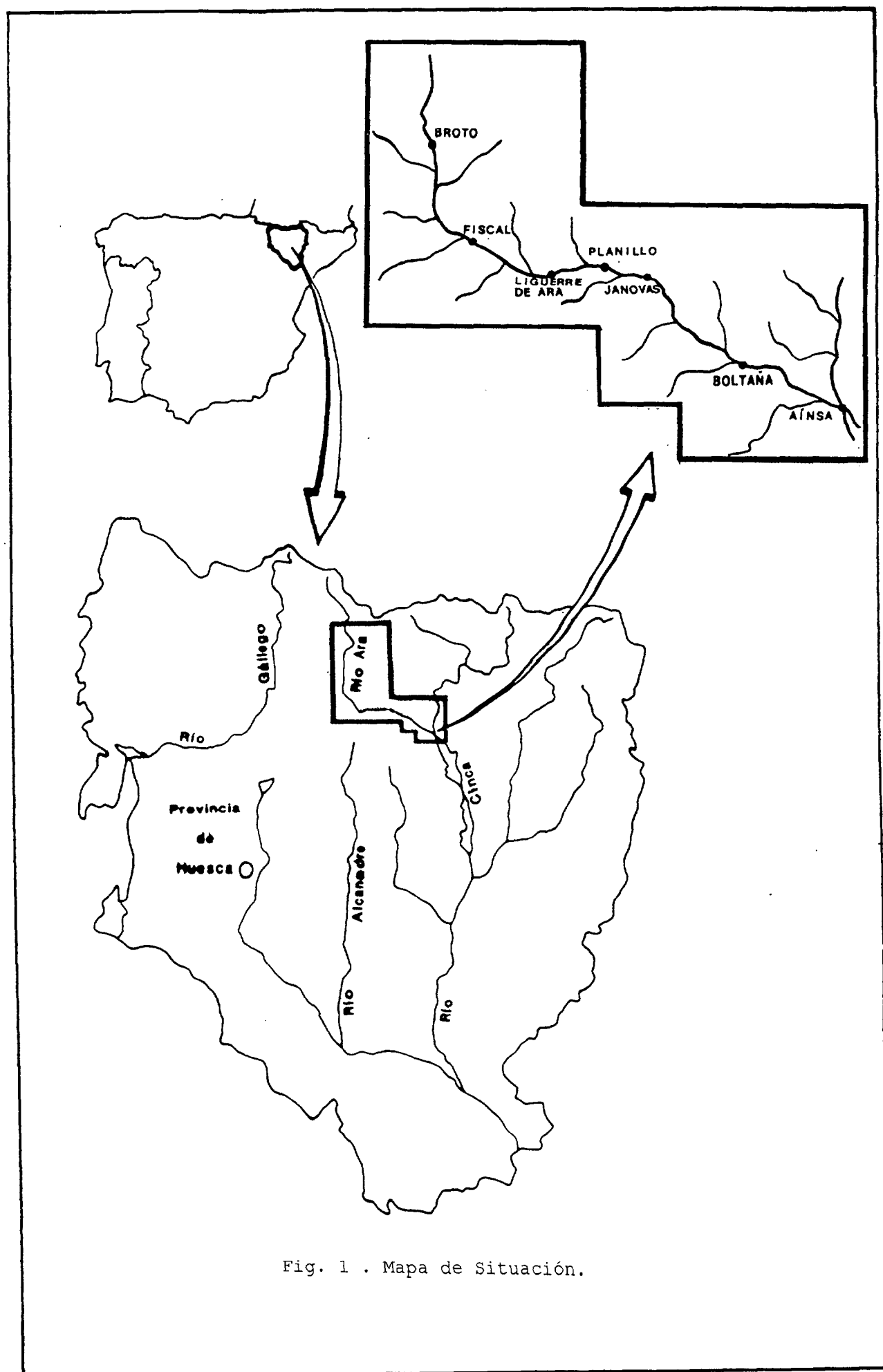


Fig. 1 . Mapa de Situación.

típico modelo trenzado o "braided", con diversos canales que cambian frecuentemente de posición y con una notable variedad de barras sedimentarias. El segundo objetivo fundamental ha consistido en estudiar el modelado cuaternario, en el que entre otras formas destacan numerosos niveles de terraza, conos y materiales coluvionares. Este análisis se ha enfocado desde un punto de vista sedimentológico, mineralógico, etc., con el fin de detectar los ambientes paleoclimáticos y morfogenéticos en las que desarrollaron este conjunto de formas.

La cuenca tiene una gran actividad geomorfológica consecuencia de la fragilidad de los materiales que la componen (Flysch eoceno) y su tectonización, así como del gran desnivel de las vertientes, e incluso la actividad antrópica. Las laderas producen gran cantidad de sedimentos que, ingresan en el cauce con relativa facilidad. Pero los ríos, a pesar de su gran torrencialidad que les caracteriza en todo el Pirineo, son incapaces de evacuar toda la carga, formando grandes acumulaciones de materiales gruesos, entre los que divaga el flujo hídrico, formando ese modelado trenzado que en ocasiones les caracteriza. El comportamiento de esta red fluvial y sus posibles interferencias con otros parámetros que configuran también la morfología dinámica de la cuenca, es uno de los objetivos que nos ocupa. De este modo intentamos:

- establecer una clasificación de modelos sedimentarios (barras) y definirlos según sus rasgos más característicos (tamaño, forma y organización espacial de los sedimentos en superficie).

- Estudiar los modelos evolutivos de las estructuras sedimentarias: dirección y crecimiento de las barras, mecanismos de destrucción, superposición de estructuras modernas sobre las antiguas, etc.

- Concretar los cambios producidos en el tiempo en los tramos fluviales seleccionados, es decir, analizar las tendencias de la evolución.

- Determinar las pautas de colonización vegetal de las barras, como factor diferenciador de la dinámica y su importancia en el ecosistema fluvial.

- A otra escala temporal, se compararán los rasgos morfológicos de los sedimentos actuales con los depósitos Pleistocenos.

- Comprobar el impacto que la actividad del hombre (dique, canalizaciones, extracción de áridos, construcción de presas, etc.) tiene sobre la hidrodinámica del cauce y sobre la evolución de las estructuras sedimentarias.

- Analizar los procesos actuales del río Ara y sus implicaciones climáticas, ambientales, etc., con las que tuvieron lugar durante distintas fases del cuaternario; ello ha sido posible comparando los depósitos y sus estructuras actuales con las acumulaciones pertenecientes al Pleistoceno.

- Precisar las múltiples características que los sedimentos aluviales y coluvionares ofrecen en la cuenca del Ara. Para ello, se han realizado numerosos análisis de granulometría, litología y morfometría (desgaste y aplanamiento) de materiales gruesos; granulometría y curvas de sedimentación de finos, textura, calcimetrías, mineralogía de ligeros y pesados, análisis de arcillas, exoscopia de cuarzos, entre otros. Desgraciadamente la ausencia de datos de esta tipología en el resto de las cuencas pirenaicas españolas, con alguna excepción en el caso de las francesas, no nos ha permitido obtener más que una visión valorativa. Ha sido imposible, pues, hacer uso de uno de los métodos que más éxito ha dado a la Geomorfología Dinámica y Climática: contrastar y comparar los datos analíticos entre unas y otras zonas que han conocido posiblemente ambientes morfogenéticos más o menos semejantes. Sin embargo, esperamos que nuestros datos sean el inicio de próximos estudios que bajo este enfoque permitan resultados más integradores.

Creemos que las tres partes fundamentales de las que consta el trabajo: cartografía geomorfológica, dinámica fluvial y evolución cuaternaria, pueden contribuir, desde una perspectiva espacio-temporal, a un mejor conocimiento del paisaje de esta parte del Pirineo Oscense.

2. LA CUENCA DE DRENAJE COMO UNIDAD SISTEMICA DE ESTUDIO

La Geomorfología fluvial abarca una gran diversidad temática: geometría hidráulica, morfología de lechos, morfometría de redes, paleohidrología, etc., pero todas estas disciplinas son integrantes de un sistema. Estos estudios han actualizado la comprensión de la cuenca de drenaje como una unidad cuyos componentes están interrelacionados y operan de acuerdo con esquemas globales y complejos; una perspectiva más a tener cuenta cuando analicemos los posibles problemas que surjan en la zona de estudio.

El predominio de los procesos de erosión, transporte y sedimentación sobre la meteorización y los fenómenos de tipo gravitacional definen el modelado del paisaje de la cuenca del río Ara. Éste es el resultado de la acción de las aguas de escorrentía que los distintos arroyos y barrancos aportan al cauce principal dando lugar a una elevada carga de sedimentos (en su mayor parte procedentes del flysch eoceno) según las leyes que rigen la dinámica fluvial.

Los cursos de agua permanentes, estacionales y efímeros, constituyen el agente prioritario del sistema fluvial que nos ocupa. La energía potencial, resultante de una diferencia altitudinal de 1.895 m. entre las altas cotas existentes en cabecera y el nivel de base local, confiere al río una gran capacidad de erosión y transporte. Aunque, como veremos más adelante, la cantidad de materiales aportados por los barrancos laterales es tal, que el cauce pierde su capacidad de arrastre dando lugar a importantes acumulaciones.

Las formas y los procesos fluviales están estrechamente relacionados, de tal modo, que los primeros pueden considerarse como ajuste del sistema de erosión a los cambios que en él se originan. El paisaje fluvial de una cuenca puede interpretarse como el resultado de la acción de los procesos fluviales sobre los materiales que la configuran (litológica y edafológicamente) en el tiempo.

La cuenca hidrográfica constituye actualmente, una unidad de estudio muy versátil y de amplio uso de las ciencias medio-ambientales. Es considerada por diversos autores como una expresión territorial del sistema ambiental y como una unidad de actuación común de diversas disciplinas (MCHARG, 1969; RAMOS et al., 1979; AGUILO et al., 1981). "Cada cuenca posee unas propiedades físicas, químicas y biológicas que dan un único conjunto de propiedades hidrológicas" (WENGER, 1984).

La bibliografía internacional es testigo del incremento de publicaciones que directa o indirectamente se sitúan en estas coordenadas. A finales de los años sesenta GREGORY (1979) hizo un balance de esta bibliografía señalando que a lo largo de los años sesenta florecieron los estudios referidos a los procesos y sistemas fluviales, en los setenta se había insistido en el significado del cambio temporal de esos mismos procesos y sistemas y aventuraba que, en los próximas décadas se materializaría en aspectos prácticos. En esa misma perspectiva bibliográfica constata además, que la geomorfología fluvial abarca una gran diversidad temática (geometría hidráulica, morfología de lechos, morfometría de redes, paleohidrología, etc.).

Es por ello por lo que podemos afirmar que la cuenca de drenaje es un *sistema abierto*, esto es, un conjunto de objetos interrelacionados que se sustentan entre sí por la renovación constante de la energía. La divisoria hidrográfica delimita el sistema y en su seno se produce un aporte constante de energía (*input*) a través del clima y una pérdida (*output*) representada por el caudal líquido y sólido. Hablar de sistema fluvial (SCHUMM, 1977) equivale a poner el énfasis en los ajustes y las interrelaciones entre procesos y formas, en el carácter multivariado de los fenómenos geomorfológicos y en el ambiente físico global de la cuenca (GREGORY-WALLING, 1973).

Los modelos propuestos para entender el funcionamiento del sistema fluvial han sido muy numerosos. En el formulado por MORISAWA y

VERMURY (1975) se distinguen tres órdenes de variables en el sistema fluvial.

Las variables de primer orden: clima, geología, suelo y vegetación, independientes en mayor a menor grado, determinan los elementos de segundo orden: caudal y carga de sedimentos. Estas variables de primer orden establecen las particularidades medioambientales específicas del sistema bajo las cuales el sistema tiende a alcanzar el equilibrio. Puede asimilarse a un período estacionario dentro de la escala temporal del estudio. Las interrelaciones y mecanismos de retorno entre estos dos grupos de variables definen las características de tercer orden del sistema: geometría y configuración de los cauces, procesos que actúan y sus intensidades.

En suma, el amplio espectro de utilización de la cuenca hidrográfica como unidad de estudio y gestión abarca junto a las disciplinas ya reseñadas otras como la gestión agrícola y forestal (WENGER, 1984) la geoedafología (GERRARD, 1981) o la evaluación del paisaje (PAUTOU et al., 1985b; DECAMPS et al., 1988; BUSH et al., 1989).

Esta multidisciplinariedad del estudio de la cuenca hidrográfica es fruto de una de sus características más relevantes: la posibilidad de ser analizada como un *sistema natural abierto*. Lo que permite emplear en su estudio todas las herramientas que el análisis de sistemas pone a nuestro alcance. Lo más importante, por tanto, es que la geomorfología fluvial opera de acuerdo con esquemas globales y complejos, una perspectiva más a tener en cuenta cuando se analicen los problemas medioambientales de los cursos de agua.

3. METODOLOGIA

De acuerdo con los objetivos planteados en la introducción, los métodos empleados tratan de aportar toda la información posible para explicar la evolución de las llanuras aluviales del río Ara (y parte del Cinca) en un tramo montañosos especialmente significativo. Se intentó llegar a comprender la evolución acontecida a lo largo del Cuaternario que en definitiva es la responsable de su configuración actual. Por ello se optó por una aproximación temática que fuera resolviendo, uno a uno, los ejes centrales de dicha evolución, siguiendo los pasos propios de todo estudio geomorfológico y en el que incluimos, una labor de recopilación bibliográfica, trabajo campo y de laboratorio. Se empleó un conjunto de técnicas auxiliares que detallamos a continuación.

3.1 CARTOGRAFÍA

Se ha elaborado una cartografía geomorfológica basada en la fotointerpretación y en el trabajo de campo. El objetivo ha sido llevar a cabo una "descripción razonada de los hechos geomorfológicos" (TRICART, 1965) ,estableciendo una relación espacio temporal de formas y depósitos.

Se han empleado distintas escalas:

a) la escala 1/50.000, para cartografiar el conjunto del territorio dando la necesaria perspectiva global y sitúa a la actual llanura aluvial en un conjunto territorial más amplio.

b) La escala 1/5.000, que ha permitido reflejar aspectos geomorfológicos mucho más detallados que influyen directamente en la dinámica de cauces.

La disponibilidad de fotografías aéreas correspondientes a fechas diferentes (1929, 1946, 1956, 1957, 1976, 1981, 1984, 1988),

aunque a diferentes escalas, ha permitido elaborar una sucesión temporal de la situación de la llanura aluvial. La cartografía diacrónica elaborada, muestra las variaciones (a lo largo de dichos años) de tamaño y forma experimentadas por las diferentes estructuras sedimentarias y las características más sobresalientes de la vegetación.

La fotografía aérea de 1929 cedida por la Confederación Hidrográfica del Ebro, es de gran calidad a escala 1:5.000, aportando excelente información sobre los cauces del Cinca y Ara en un momento en que todavía no habían ocurrido los grandes cambios de uso del suelo en las laderas, intensamente cultivadas y sobrepastoreadas. La cartografía de 1946 responde al primer vuelo realizado por el ejército americano a escala 1:40.000. Los años 1956 y 1957 atienden a la ya clásica del Ministerio de Defensa (el llamado vuelo americano), a escala 1:33.000; y los años 1981 y 1984 pertenecen a organismos agronómicos a escala 1:25.000 y 1:18.000 respectivamente. Finalmente y para el Proyecto "Dinámica de Caudales en el Pirineo Central" englobado dentro del Proyecto LUCDEME, se encargó un vuelo especial en 1988 a escala 1:5.000.

3.2. METODOLOGÍA APLICADA AL ESTUDIO DE BARRAS FLUVIALES

El estudio de las características granulométricas de las barras fluviales se ha efectuado de acuerdo con el método propuesto por WOLMAN (1954). Para ello se han seleccionado 40 transeptos distribuidos en 8 barras localizadas inmediatamente aguas abajo de Broto y 42 localizados en 8 barras entre los pueblos de Boltaña y Aínsa.

El criterio seguido para seleccionar el lugar de muestreo ha sido determinado en todos los casos por el tipo de dinámica dominante. Para ello se realizaron distintos transeptos en los que se procuraba quedaran contenidos el mayor número de ambientes fluviales posibles.

En cada punto de muestreo se tomaron cien cantos (determinados por una cinta métrica de 25 metros) en los que se media el eje longitudinal (a), el eje transversal (b), el espesor (c) y el radio menor de rodamiento (r). Estos parámetros permiten la obtención de los diferentes índices morfométricos definidos por CAILLEUX y TRICART (1963).

Un segundo tipo de muestreo, se realizó para estudiar las direcciones y buzamientos de los cantos. Para ello el criterio seguido para seleccionar el lugar de muestreo, ha sido la caracterización de la barra en las zonas con ambiente sedimentario distinto y con posibles diferencias de energía de la corriente (cabecera, márgenes laterales, y punta terminal, sólo en algunos casos y si las dimensiones de la barra lo permitían se muestreaba en el centro). Una vez elegida la zona se delimitaba con $1m^2$. Se seleccionaron 23 puntos en 5 barras entre las localidades de Broto y Sarvisé.

Los datos recogidos fueron:

- dirección de la corriente,
- dirección de buzamiento del canto (Db),
- ángulo de buzamiento del canto (B),
- dirección del eje mayor del canto (DL),
- ángulo de buzamiento del eje mayor del canto (BL)

La información recopilada se incorpora al programa informático "Rockworks - (1983-92) Modulo Stereo, rev. 3.06" el cual nos ayuda a representar la proyección estereográfica (red de Wulff).

Estas gráficas nos ayudan a superar el gran inconveniente que se tiene en estos casos, en que son necesarias expresiones tridimensionales con su correspondiente dificultad de representación en dos dimensiones.

3.3. TÉCNICAS DE LABORATORIO

3.3.1. MATERIALES

Se analizan y estudian 45 muestras de sedimentos, distribuidas en 7 cortes transversales a lo largo del río Ara, entre las localidades de Broto y Aínsa. A los diferentes cortes transversales se les ha denominado:

1. Corte transversal de Aínsa.
2. Corte transversal de Boltaña.
3. Corte transversal de Jánovas-Anticlinal de Boltaña.
4. Corte transversal de Planillo.
5. Corte transversal de Ligüerre de Ara.
6. Corte transversal de Fiscal.
7. Corte transversal de Broto.

Su localización se sitúa en el mapa de la Fig.57. La razón por la que se eligieron estos cortes, se plantea por una acusada complejidad y porque ofrece un mayor número de terrazas, además bien representadas en su extensión y espesor, es decir, razones puramente morfológicas y sedimentológicas, exceptuando los cortes de Broto y Ligüerre de Ara, en los que hemos seguido el criterio de atender a las distancias entre los cortes. La ubicación de los distintos perfiles se eligió siguiendo una secuencia altitudinal, es decir, de las terrazas fluviales más antiguas hasta el cauce actual. En las terrazas recubiertas por formaciones edáficas se tomaban dos muestras una de la propia terraza y otra del horizonte edáfico.

Cada una de las muestras fue dividida en dos partes: una para determinar las características física (color, estructura, cementación, porosidad, etc.) y otra para realizar el análisis físico y químico (pH, conductividad, calcimetrías etc.). Las principales características físicas de los perfiles, siguen la clasificación de la F.A.O. (1977).

3.3.2. METODOS ANALITICOS

Con las muestras se han realizado los siguientes análisis:

3.3.2.1. REACCIÓN DEL SUELO:pH.

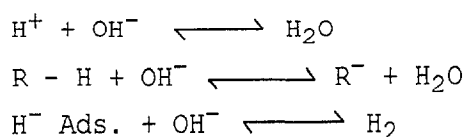
La concentración en la que están presentes los iones H^+ (pH) en el suelo es de gran importancia ya que, entre otras cuestiones, informa sobre el estado de evolución del mismo. El pH puede condicionar la implantación de un determinado tipo de vegetación, lo que provoca una formación específica de humus con propiedades particulares. Esto se debe a que gran parte de los iones del suelo, en especial, los que intervienen en la nutrición vegetal, dependen de un ion concreto.

Convencionalmente, el pH del suelo se define como el cologaritmo de la concentración de iones H^+ ; aunque se deben distinguir tres tipos de acidez:

a.- Acidez Actual: cantidad de iones H^+ que existen en el medio y que proceden de la disociación iónica de las arcillas y ácidos húmicos (complejo absorbente).

b.- Acidez de Cambio: se refiere a la cantidad de iones de hidrógeno absorbidos en los coloides del suelo y que estarán en equilibrio con los que se encuentran en la solución del suelo y con los restantes iones de la solución.

c.- Acidez Potencial: expresa la cantidad total de hidrogeniones que se encuentran en el suelo susceptibles de ser neutralizados por una base:



La presencia de iones H^+ en la solución del suelo se debe a la existencia de materia orgánica, aluminosilicatos, sales solubles, anhídrido carbónico y al estado de óxido-reducción que presente el suelo.

Al no ser el suelo un sistema cerrado, el valor de su pH actual se puede modificar, por ejemplo, al variar la concentración iónica de la solución por cambio en la relación suelo / agua o pérdida y/o ganancia de electrolitos, debiendo considerar los equilibrios de solubilidad, cambio catiónico, posibles reacciones de hidrólisis, etc., para evaluar la variación del pH de la solución del suelo.

El método utilizado en la determinación del pH ha sido el propuesto por HERNANDO y SANCHEZ CONDE (1954) que básicamente mide el pH electrolíticamente, mediante un electrodo de vidrio, en una pasta saturada de suelo. Estas medidas se efectúan en agua con objeto de determinar la acidez actual. El aparato empleado para la medida es un pH-metro ORION SA 720.

3.3.2.2. CONDUCTIVIDAD

Las sales solubles se presentan, generalmente, como combinaciones de los cationes calcio, magnesio, sodio, potasio y de los aniones bicarbonato, carbonato, cloruro y sulfato. Se determina así la salinidad de forma indirecta, por conductividad del extracto acuoso del suelo en la relación suelo / agua = 1:5.

La conductividad eléctrica indica la concentración total de componentes ionizados en las soluciones. Está íntimamente relacionada con la suma de cationes o aniones que se determinan químicamente y, en general, tiene correlación estrecha con los sólidos totales disueltos.

Debido a que la conductividad eléctrica de soluciones acuosas de sales aumenta con la temperatura, se debe efectuar una corrección para referirla a 25°C. Para ello hemos aplicado las tablas que existen

para corregir los datos de resistencia y conductividad desde temperaturas de 3°C a 47°C. Las determinaciones se han realizado con un conductímetro marca HANNA HI-8733.

3.3.2.3. CONTENIDO EN MATERIA ORGANICA

La materia orgánica de un material se encuentra muy relacionada con la génesis, desarrollo y fertilidad del suelo. Sus componentes son muy variables así como su grado de descomposición, hasta formas totalmente degradadas cuyo término final es el humus.

La materia orgánica ejerce sobre el sedimento una acción importante, tanto desde un punto de vista físico (aumentando la porosidad y permeabilidad; confiriendo color sobre todo en las capas superficiales, etc.) como químico (juega un papel importante en la capacidad de cambio; enriqueciendo la atmósfera del suelo en anhídrido carbónico durante el período de su descomposición, etc.,).

Para el análisis de la materia orgánica se ha seguido el método propuesto por WALKLEY - BLACK (1947), consistente en la oxidación húmeda de la materia orgánica por exceso de dicromato potásico en un medio fuertemente sulfúrico, utilizando el calor de dilución de este ácido para facilitar la oxidación.

El exceso de dicromato potásico no empleado en la oxidación del carbono se valora, con sulfato ferroso amoniacal (sal de Möhr) en presencia de ácido sulfúrico, ácido fosfórico, fluoruro sódico y difenilamina como indicador, hasta que tiene lugar un cambio brusco de color (negro / verde).

En función del volumen de sal de Möhr empleado en neutralizar el dicromato, se calcula el tanto por ciento de materia orgánica según la siguiente expresión:

$$\% \text{ MO} = (1 - T/S) \cdot 6,7 / P$$

Siendo: T = ml de sal de Möhr gastados en la muestra.

S = ml de sal de Möhr gastados en el blanco.

P = peso de muestra.

El factor convencional para pasar el tanto por ciento de materia orgánica a tanto por ciento de carbono orgánico es 1,724 de modo que:

$$\% \text{ CO} = \% \text{ MO} / 1,724$$

Según algunos autores, la ventaja que presenta este método frente a otros similares, es que al utilizar como única fuente de calentamiento, la dilución del ácido sulfúrico, excluyendo las fuentes externas de calor, se consigue evitar la oxidación de materia orgánica menos activa.

3.3.2.4. CARBONATOS TOTALES

Se determinaron por el método del calcímetro de Bernard, basado en tratar los suelos con ácido clorhídrico concentrado, en un dispositivo cerrado y a temperatura constante, para así medir el volumen de anhídrido carbónico desprendido y comparar con el producido por una cantidad determinada de carbonato cálcico tratada en idénticas condiciones, según ALLISON & MOODIE (1965).

3.3.2.5. DETERMINACIÓN DE HIERRO Y ALUMINIO AMORFO Y TOTAL

Los óxidos de hierro del suelo se estiman frecuentemente por técnicas de disolución, dado que son técnicas muy poco complejas, relativamente baratas, y se pueden detectar concentraciones mucho menores que las permitidas por otros métodos. Sin embargo, las técnicas de disolución no son específicas para la determinación mineral.

Las técnicas de extracción mediante el empleo de oxalato se usan para la estimación del hierro pobremente cristalizado, disuelven ferrihidrita y también goethita poco cristalina y lepidocrocita; mientras que la adición de ditionito disuelve, además, fases bien cristalizadas, pero no cristales grandes de óxidos de hierro.

La determinación de los óxidos más cristalizados de hierro se realizó según el método propuesto por MEHRA Y JACKSON (1964). Los óxidos libres, cristalinos y criptocristalinos, se disuelven tratando el residuo anterior con ditionito sódico, que reduce el Fe (III) a Fe (II) y con una solución de citrato y bicarbonato sódico tamponada a pH=7,3 con el fin de complejar el hierro reducido. La relación residuo/solución fue 1/30. El proceso se repitió hasta la decoloración del residuo, empleando en cada tratamiento 0,5 gramos de ditionito sódico y calentando la suspensión a 80°C, centrifugando posteriormente y recogiendo los extractos.

3.3.2.6. .ANÁLISIS QUÍMICO DE ELEMENTOS MAYORITARIOS Y OLIGOELEMENTOS.

Para este análisis se parte de 0,1 gramos de muestra, lo más representativa posible del sedimento y se ataca con una mezcla de ácido fluorhídrico, y agua regia (3 partes de ácido clorhídrico y 1 parte de ácido nítrico), según VOÏNOVITCH, (1988).

Una vez puesta la muestra en solución se procede al análisis de todos los elementos, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, aluminio, manganeso, titanio, cobre, plomo, cinc, cromo, níquel, y circonio, mediante espectrometría de absorción atómica en espectrómetro PERKIN - ELMER 503 y conociendo el contenido en silicio por diferencia.

3.3.2.7. TECNICAS SEDIMENTARIAS

La aplicación de estas técnicas al estudio geomorfológico parte de la idea de que a través del estudio de los sedimentos, se puede llegar a deducir las condiciones ambientales en las que se produjo el depósito; de tal modo que a partir del conocimiento de los procesos sedimentarios puede llegar a conocerse las condiciones de liberación, transporte y deposición del material.

Esta técnica, además, se muestra como una herramienta valiosísima ya que permite el establecimiento de secuencias morfogénicas necesarias para la reconstrucción de la dinámica geomorfológica y su evolución. La metodología consiste en el levantamiento de columnas estratigráficas en el campo complementado con la descripción y el análisis en el laboratorio.

Las técnicas empleadas pueden dividirse en dos grandes grupos, uno referido a la fracción gruesa del sedimento (superior a 2 milímetros) y otro referido a la fracción fina compuesta por arenas, limos y arcillas.

3.3.2.7.1. Análisis de la fracción gruesa

Para su estudio se sigue la metodología propuesta por (CAILLEUX y TRICART-1963) donde se establecen tres grandes apartados en relación al estudio de la granulometría, de la litología y la morfometría.

a) El Análisis granulométrico.

Suministra información sobre la movilización y sobre la capacidad del agente morfogénico responsable de la deposición en esa acumulación; también señala las modificaciones sufridas por el material. La metodología de trabajo consiste en el recuento en el campo de 100 cantos escogidos al azar, sobre los que se mide el eje de

mayor longitud (L) y cuyos tamaños se distribuyen en los siguientes intervalos:

- | | | | |
|-------------|---------------|---------------|------------|
| 1) 2 - 4cm. | 4) 8 - 12cm. | 7) 24 - 40cm. | 10) >80cm. |
| 2) 4 - 6cm. | 5) 12 - 16cm. | 8) 40 - 60cm. | |
| 3) 6 - 8cm. | 6) 16 - 24cm. | 9) 60 - 80cm. | |

Así mismo se mide el elemento que presenta el tamaño mayor del depósito, el centilo. Los resultados se expresan en porcentajes que se representan en histogramas de frecuencia.

b) Estudio de la composición litológica.

Este apartado se realiza "in situ" y consiste en el análisis de los materiales que compone una acumulación detrítica determinada mediante la selección al azar de 100 cantos del depósito, elementos sobre los que también se realizará posteriormente el estudio granulométrico. Los resultados se plasman en porcentajes y se expresan mediante histogramas en los que se integran los valores litológicos y granulométricos.

El estudio de la variación litológica indica el área madre de procedencia y los posibles cambios o diferentes aportes del material (longitudinal, lateral, fenómenos de sustitución de carga aluvial, etc.); también señala las modificaciones sufridas durante el transporte, en tanto que las diferentes litologías no reaccionan de igual modo frente a las variadas dinámicas.

c) La Morfometría.

Como su nombre indica, se refiere al análisis de la forma de los cantos; aporta una valiosa información sobre el agente y las condiciones de transporte (dinámica energética/ tranquila, recorrido largo / escaso / nulo), todo lo cual se plasma en un conjunto de modificaciones del material.

El método consiste en la medición de una serie de parámetros sobre un total de 100 cantos de una misma litología (es evidente que distintos materiales responden de modo diferente a la acción de distintos agentes, de ahí que para su estudio sea necesario seleccionar un único grupo litológico), cuyos tamaños se sitúan entre 4 y 6 centímetros. A partir de estos parámetros se establecen los índices de desgaste, aplanamiento y disimetría.

En esta Tesis estos análisis se han efectuado, siempre que ha sido posible, sobre la litología más idónea de la cuenca: las calizas. Sólo en algunos casos que se indicarán en cada apartado correspondiente y debido a una acentuada escasez de este cuerpo litológico, se ha trabajado con otra litología, siendo las areniscas el material idóneo en segundo lugar.

*Índice de Desgaste: Informa principalmente sobre el recorrido del material y su dinámica.

$$Id = 2r_1 / L \cdot 1000$$

Donde:

r_1 : radio de curvatura más pequeño del canto.

L: longitud o eje mayor del canto.

*Índice de aplanamiento: Este índice hay que adoptarlo con cierta cautela dada la estrecha relación existente entre la litología y su capacidad de fragmentación.

$$Iap = L + l / 2E \times 100$$

Donde

L: longitud o eje mayor del canto.

l: anchura.

E: espesor.

* Índice de disimetría: Sugiere la fracturación del material durante su transporte y en ocasiones, su procedencia longitudinal ó lateral.

$$Idi = AC / L \times 1000$$

Donde:

AC: segmento más largo que se extiende desde la intersección formada por L y l y el extremo del canto.

L: longitud o eje mayor del canto.

3.3.2.7.2. Análisis granulométrico de la fracción fina.

Las muestras de material fino han sido analizadas a dos niveles: uno, con la finalidad de conocer su textura general y otro para examinar sus características particulares y su evolución.

La realización del análisis granulométrico tiene como fin obtener la distribución porcentual de las partículas del mismo. La textura, proporción en que entran a formar parte las distintas fracciones (arena, limo y arcilla) del suelo es la expresión final de la composición granulométrica. Este es un concepto utilizado en la definición del suelo y orienta sobre la intensidad de su dinámica.

La Asociación Internacional de Suelos, establece los siguientes límites de fraccionamiento:

Arena gruesa ----- 2 - 0,2mm.
 Arena fina ----- 0,2 - 0,02mm.
 Limo ----- 0.02 - 0,002mm.
 Arcilla ----- menor de 0,0002mm.

Para la aplicación de cualquier método de análisis mecánico es necesario que el material a analizar tenga sus partículas constitutivas separadas de modo que no formen agregados, por lo que se realiza un ataque previo de la muestra.

El método seguido para el análisis granulométrico ha sido el de KILMER y ALEXANDER (1949) que consiste básicamente en la dispersión de la muestra con hexametafosfato-sódico, en un agitador mecánico, pasándola posteriormente a una probeta y enrasando a un litro con agua destilada. Seguidamente, se agita durante un minuto y mediante una pipeta Robinson de 20cc, que se introduce a 10 centímetros por debajo del nivel, se efectúan distintas extracciones (en tiempos determinados), de las que se deduce el contenido en arcilla, limo y arena de la muestra.

Los resultados de los datos de las fracciones arena, limo y arcilla obtenidos por el procedimiento anteriormente explicado se estructuran en diagramas triangulares como el de la fig.(2). Con ellos puede verse fácilmente el porcentaje de arcilla, limo o arena de cada perfil, así como las diferentes posibilidades de agrupamiento de un mismo corte transversal.

Por otro lado, el fraccionamiento de arenas se ha realizado mediante una batería de tamices dispuestos de mayor a menor diámetro de malla. Los intervalos considerados han sido:

Arena muy gruesa -----	Fracción de 1,5 a 1mm.
Arena gruesa -----	Fracción 1 - 0,80 - 0,60
	- 0,50 - 0,40 - 0,30mm.
Arena fina -----	Fracción 0,20- 0,125mm.
Arena muy fina -----	Fracción 0,06- 0,05mm.

A partir del estudio sedimentológico de las arenas se obtiene información sobre el agente depositario y su competencia, sobre el ambiente en el que tuvo lugar la sedimentación y sobre las posibles alteraciones que haya sufrido la acumulación detrítica.

La metodología empleada en el análisis de la fracción arenosa sigue las propuestas de VAUDOUR (1979), FOLK (1957,1965), FRIEDMAN (1962/1969). Consiste en el tamizado de 50 gramos de muestra, tras la eliminación de la materia orgánica mediante su reacción con agua

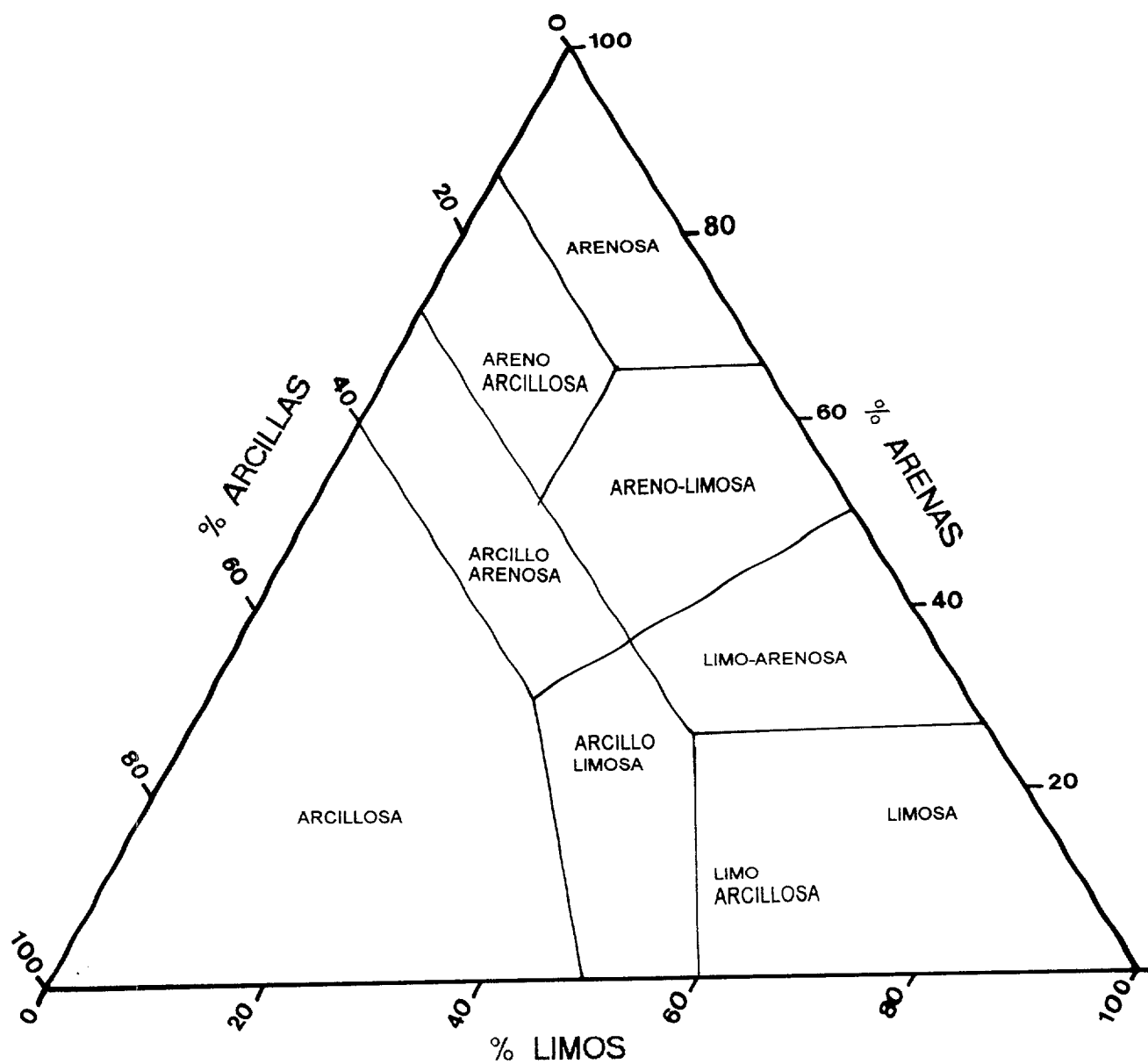


Fig. 2 . Diagrama de porcentajes de arcilla, limo y arena

oxigenada y de la fracción de limos y arcillas tras su tamizado. Una vez preparada la muestra, en seco, se le hace pasar por una columna de tamices con mallas en orden decreciente que se coloca sobre un vibrador durante 15 minutos. Al finalizar esta operación se separa cada tamiz y se pesa la porción de la muestra que haya quedado en cada uno de ellos, con el fin de obtener los porcentajes correspondientes. A partir de estos datos se obtiene un histograma en el que se representa la curva granulométrica de la muestra y se dibuja una curva acumulativa. En ésta pueden deducirse ya una serie de parámetros: los cuartiles Q1 (25%); Q2 (50%) o mediana; Q3 (75%) y los percentiles Q5, Q16, Q84 y Q95. Con estos datos se establecen los siguientes índices:

- Desviación típica: Nos informa sobre la clasificación del material.

$$d_1 = (Q84 - Q16) / 4 + (Q95 - Q5) / 6,6$$

- Media: Sus resultados hacen referencia a la competencia del agente de transporte.

$$Mz = (Q16 + Q50 + Q84) / 3$$

- Índice de clasificación de Trask: Permite conocer la clasificación del material.

$$So = Q3 / Q1$$

- Coeficiente de asimetría: Estudia la relación entre la cantidad de minerales gruesos y finos dentro de la muestra; puede indicar una posible alteración del depósito o erosión de suelo.

$$SK_1 = (Q16 + Q84 - 2.Q50) / 2(Q84 - Q16) + \\ (Q5 + Q95 - 2.Q50) / 2(Q95 - Q5)$$

- Coeficiente de angulosidad:

$$KG = Q95 - Q5 / 2,44(Q75 - 25)$$

- Kurtosis: Medida de la relación entre la parte central de la curva y la extensión de las extremidades.

$$K'G = KG / 1 + KG$$

3.3.2.8. ANALISIS PETROGRAFICOS Y MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO

Para llevar a cabo este estudio se recogió muestra en exceso (250-300 gr.) debido a la abundante presencia de carbonatos que enmascaraba al cuarzo.

Con la muestra ya pesada se realiza primeramente un análisis granulométrico para separar las distintas fracciones, mediante una tamizadora electrónica.

Una vez pesadas las distintas fracciones, se toma la fracción "arena fina" (0,125 - 0,250mm) para realizar con ella una lámina delgada, con objeto de estudiarla con el microscopio petrográfico. Mediante este análisis se determina su composición y se intenta establecer su procedencia y área fuente.

Para el estudio de los caracteres superficiales de los granos de cuarzo mediante Microscopía Electrónica de Barrido la fracción más aconsejable es la correspondiente a la "arena media", es decir, la comprendida entre 0,250 y 0,500 mm. Mediante este estudio se determinan las características de composición y textura de los granos. Los datos así obtenidos nos suministran una primera información sobre las características de medio.

Posteriormente se trata la fracción con CLH al 10%, para eliminar los carbonatos y los óxidos de hierro que pueden enmascarar la superficie de los granos. También con lupa binocular, se seleccionan entre 20 y 25 granos de cuarzo monocristalino, que no estén rotos, que no presenten inclusiones y que sean representativos

de la muestra. Seguidamente estos cuarzos se introducen con alcohol en una cubeta de ultrasonido, para eliminar las partículas que pudieran tener adheridas.

Finalmente, se montan en un portamuestras especial con cinta adhesiva de doble faz y se recubren con pegamento de cemento carbón conductor (C.C.C. de Leit) para aumentar la conductividad. Se metalizan con platino en un Diode Sputtering System, Type P.S1 y ya están preparados para su visualización en un Microscopio Electrónico de Barrido. En este trabajo se ha utilizado un M.E.B. S-2500 de HITACHI.

3.3.2.9. ANALISIS MINERALOGICO DE ARENAS.

La composición mineralógica de las arenas ha sido uno de los métodos más utilizados en la Geología y en la Geomorfología para establecer la procedencia de los materiales y su grado de evolución. Para ello, se ha establecido dos tipos de componentes:

- la fracción ligera; componentes mayoritarios de la roca
- la fracción pesada; componentes minoritarios.

Sin embargo, desde hace tiempo se tiene establecido que la composición mineralógica de una formación detrítica no depende exclusivamente de la naturaleza litológica del área-madre, sino que también, está nítidamente condicionada por factores como el clima, la energía del medio de transporte y los procesos diagenéticos que haya podido sufrir el sedimento según Suttner and Dutta (1986).

Dentro del estudio de la composición mineralógica, el análisis de los minerales pesados tiene un gran interés dado que son buenos indicadores del dominio petrológico del que proceden y porque sugieren, a la vez, los ambientes paleoclimáticos que han conocido a lo largo de su evolución según Basu (1976). No obstante, siempre habrá que tener muy en cuenta a la hora de abordar un análisis de la

fracción pesada, que la composición final de ésta depende de varios factores, entre los que se señalan:

- Litología del área-madre.
- Estabilidad del mineral pesado en función de las condiciones climáticas.
- Factores hidrodinámicos del medio de transporte y sedimentación.
- Resistencia y dureza del mineral a los procesos de abrasión vinculados al tipo de transporte.

Por nuestra parte, hemos intentado detectar la procedencia de la matriz fina de las terrazas del río Ara y deducir algunas circunstancias paleoclimáticas a partir del estudio conjunto de la fracción ligera y pesada.

El fundamento del método está en obtener granos minerales perfectamente limpios para facilitar su observación e identificación con el microscopio petrográfico. Una vez elegida la fracción 0,06mm, se procede a la separación de la fracción "ligera" y de la "pesada", mediante un líquido denso (bromoformo con peso específico 2,9). Para ello nos valemos de un embudo provisto de un grifo, en el cual vertemos el bromoformo y la arena, removemos y se deja en reposo hasta que los minerales de peso específico superior al bromoformo se depositen. Abrimos rápidamente la llave donde los minerales "densos" o "pesados" caen a una cápsula que inmediatamente se lava con alcohol y se deja secar a temperatura ambiente. Mientras tanto, la fracción "ligera" ha quedado retenida en un filtro que igualmente lavamos con alcohol y dejamos secar. Ambas fracciones quedan dispuestas para el montaje de las preparaciones y posterior identificación en el microscopio petrográfico ORTHO-PLAN POL LEITZ.

3.3.2.10. ANÁLISIS MINERALÓGICO DE LA MUESTRA TOTAL.

El análisis mineralógico de la muestra total se ha realizado, en este caso, sobre una muestra representativa de cada toma, que

previamente se ha pulverizado en mortero de ágata y con la que se forma una pastilla (polvo desorientado) que permita su estudio por Difracción de Rayos X en un difractómetro PHILIPS-1035 con lámpara de cobre y filtro de níquel, con velocidad de barrido de 2°/minuto.

Las reflexiones que han permitido identificar las diferentes composiciones mineralógicas, y su cuantificación son:

<u>MINERAL</u>	<u>ESPACIADO (Å)</u>	<u>REFLEXIÓN (hkl)</u>
yeso	7,56	020
cuarzo	4,26	100
calcita	3,03	104
dolomita	3,69	012
hematita	2,69	104
feldespato potásico	3,18	002
anfíbol	8,38	001
feldespato calcosódico	3,22	002
filosilicatos	5,06	002

En cada uno de los casos se han empleado los poderes reflectantes establecidos por SCHULTZ (1964).

La composición cuantitativa y cualitativa de los minerales de las arcillas se ha realizado en la fracción menor de 2 µm, obtenida por sedimentación, según Mc MANUS (1988) en difractogramas de agregados orientados secados al aire, glicolados con etilenglicol y calcinados a 550°C, registrando el diagrama a 1°/minuto. En los agregados la cuantificación se realizó sobre muestras glicoladas, empleando los siguientes poderes reflectantes: illita 1, en la reflexión a 10Å; esmectita 4, en el pico a 17Å y caolinita 2, para la reflexión a 7Å, propuestos por BARAHONA, E. (1974) y para la sepiolita, 1 en 12Å y 3 para la clorita en la reflexión de 14Å según Van DER MAREL (1966). Como resumen de las reflexiones y sus transformaciones se da la siguiente tabla:

<u>MINERAL</u>	<u>ORIENTADO</u>	<u>GLICOLADO</u>	<u>CALCINADO A 550°</u>
Caolinita	7Å	7Å	desaparece
Esmectita	15Å	17Å	10Å
Clorita	14Å	14Å	14Å
Sepiolita	12Å	12Å	10Å
Ilita	10Å	10Å	10Å

3.3.2.11. ANÁLISIS DE AGUAS

Para este análisis y para la caracterización de su naturaleza se han utilizado muestras tomadas en Torla, Fiscal, Jánovas, Boltaña, y Ainsa. Sobre todas ellas se han realizado las siguientes determinaciones:

- **pH:** sobre la muestra original con pH metro ORION a temperatura conocida.

- **Conductividad:** también sobre muestra original con conductímetro HANNA HI- 8733, corrigiendo la temperatura.

- **Residuo a 110°C:** se toman 50cc de la muestra de agua original y se coloca en una cápsula de porcelana, calentándolo hasta sequedad en una estufa a 110°C.

Cálculo:

$$\text{Residuo seco en mg/l} = \frac{p' - p}{v} \cdot 1000$$

donde:

p' = peso de la cápsula con los 50cc de H₂O, en mg

p = peso de la cápsula después de evaporar, en mg

v = volumen de agua en cc, para evaporar.

- **Sílice soluble:** La determinación de la sílice soluble se hace espectrofotométricamente, desarrollando un complejo de color azul que se mide a una longitud de onda de 650 nanómetros.

Para medirlo se toman 6cc de agua y 0,2cc de una solución en agua de molibdato amónico, se esperan diez minutos y se agregan 0,4cc de ácido tartárico y 0,2cc de una solución reductora consistente en sulfito sódico y bisulfito sódico. Se espera una hora, durante la que se desarrolla el color azul y se fotometra a la longitud de onda antes mencionada.

Los reactivos se preparan así:

- molibdato amónico: 89 gr del producto se les añaden 800cc de agua destilada y 63 ml de ácido sulfúrico, luego se enrasa a 1 litro.

- ácido tartárico: 25 gr. del producto se diluyen a 250cc con agua destilada.

- disolución reductora: 0,7 gr. de sulfito sódico y 9 gr. de bisulfito sódico se disuelven a 100 cc con agua destilada.

- **Cloruros**: se emplea una determinación volumétrica, para esto se toman 100 cc del agua problema en un erlenmeyer y se añaden cuatro gotas de cromato potásico, que actúa como indicador, dejando caer desde la bureta una solución 0,005 N de nitrato de plata. En el punto de equilibrio se produce un cambio de color de amarillo a amarillo rojizo.

Para el cálculo:

cloruro en la muestra (mg/l) = $0,005 \cdot 1000 (\text{cc NO}_3\text{Ag/cc H}_2\text{O})$

Reactivos:

- NO₃Ag 0,005 N: diluir 0,215 gr de NO₃Ag en 250cc de H₂O

- Cromato potásico al 5%: 5 gr de cromato se diluyen en 50cc de H₂O destilada, se añade nitrato de plata hasta que exista un precipitado rojizo, se deja en reposo una noche, se filtra y se diluye a 100cc.

- **Sulfatos:** Se determinan por el método gravimétrico por peso del precipitado formado al añadir cloruro bórico y al formarse sulfato de bario.

En un vaso de precipitados se colocan 150cc del agua problema y se añaden 10cc de cloruro bórico con 5 gotas de ácido clorhídrico en caliente, una vez que se ha formado todo el precipitado blanco, se filtra sobre una placa de porcelana y se calienta a 800°C. La diferencia de peso de la placa antes y después de la calcinación, indica el sulfato de bario formado.

Para el cálculo:

$$\text{Sulfato en mg/l} = 0,4415 \cdot \frac{\text{Peso del sulfato de bario}}{\text{volumen de agua inicial}}$$

Reactivos:

- Cloruro de bario al 10%: se diluyen 10 gr. de cloruro de bario dihidratado a 1 litro con agua destilada.

- **Carbonatos y bicarbonatos:** se determinan por volumetrías. Primero a 100cc del agua problema se añade fenolftaleína como indicador, si permanece incoloro no hay carbonatos, además si el pH es inferior a 8.3 tampoco hay carbonatos. Si toma color rosa se valora añadiendo desde la bureta ácido sulfúrico 0.01 N, con viraje de rosa a incoloro.

En la solución incolora anterior se añade anaranjado de metilo, y se valora hasta color rosado con ácido sulfúrico 0,01N (Za). El cálculo es:

$$\text{Carbonatos en mg/l} = (2(y) \cdot 0,01 \cdot 1000 / 100) \cdot 30$$

$$\text{Bicarbonatos en mg/l} = ((z - 2y) \cdot 0,01 \cdot 1000 / 100) \cdot 61$$

- **Calcio y magnesio:** Se emplea un procedimiento volumétrico. Se toman 50cc del agua problema y se agregan 2cc de solución tampón

con pH=10, empleando como indicador, negro de eriocromo T, que da a la solución un color rojo vinoso. Desde la bureta se añade EDTA 0,01N, tomando la solución en el punto de equilibrio color azulado.

- **Calcio:** se emplea también un procedimiento volumétrico, con una valoración del agua problema, 50cc, a los que se añaden 5cc de hidróxido sódico 1N, así se regula el pH a 12 o superior. Como indicador se agrega murexida (purpurato de amonio) y se valora con EDTA 0,01N.

El magnesio se obtiene por diferencia entre el valor del calcio y magnesio y el del calcio.

- **Sodio y potasio:** Se analizan sobre la muestra problema, directamente, mediante un espectrómetro de absorción atómica.

Para la interpretación geoquímica de los análisis se ha utilizado el diagrama de PIPER-HILL-LANGELIER. Este diagrama informa sobre las características generales de las muestras consideradas y si son o no uniformes en composición. Procesos como mezclas de aguas, precipitaciones o disoluciones minerales, fenómenos modificadores, etc., quedan fácilmente reflejadas según CUSTODIO (1976). Puede saberse si un agua procede de otra por adición de una determinada sal, si existe alineación de los puntos que las representan respecto a un determinado vértice según CATALAN (1981).

En estos diagramas sólo se consideran los constituyentes mayoritarios. La mayoría de las aguas naturales pueden ser consideradas como soluciones de tres constituyentes catiónicos Ca^{++} , Mg^{++} y metales alcalinos (Na^+ y K^+), y tres constituyentes aniónicos $\text{SO}_4^{=}$, Cl^- y los que contribuyen a la alcalinidad (HCO_3^- y $\text{CO}_3^{=}$). Según esto, la composición de un agua está representada por dos puntos, uno en el triángulo de los cationes, y otro en el triángulo de los aniones.

Permiten tratar un gran número de muestras conjuntamente, aunque tienen el inconveniente de no indicar las concentraciones de las distintas especies en valores absolutos sino en porcentajes (% de meq/l), y por tanto no se tiene información sobre la salinidad total.

II. MARCO ESTRUCTURAL DE LA CUENCA.

II. MARCO ESTRUCTURAL DE LA CUENCA

El relieve pirenaico está definido fundamentalmente por las formas estructurales. La diversidad litológica, la complejidad tectónica y la distribución en el espacio de zonas marcadamente distintas en los aspectos geológicos dirigen las grandes líneas morfológicas.

La cuenca del río Ara comprende desde el punto de vista estructural: el Pirineo axil, las Sierras interiores y lo que pudiera constituir la continuación de la Depresión Media, que enlaza la Cuenca del Tremp y la Cuenca de Jaca. Cada una de ellas posee una amplia variedad litológica y tectónica que permite una diferenciación morfoestructural clara. Dividiremos la cuenca del Ara en dos sectores homogéneos: el sector Paleozoico, afectado por las orogenias hercínica y alpina; y el Mesoterciario, al que sólo le afecta la alpina.

En la zona que nos ocupa intervienen las siguientes unidades estructurales de la tectónica pirenaica:

- Autóctono de Gavarnie-Héas.
- Manto de Gavarnie constituido por la Unidad de Gavarnie s. str. y la Unidad de Monte Perdido.

Los materiales hercínicos del autóctono de Gavarnie-Héas se componen de esquistos cuarcíticos, cuarcitas, neises, migmatitas, algunos granitos de anatexia, y ciertos apuntamientos intrusivos de rocas ultrabásicas (P. DEBAT, 1965, 1984). Sobre ellos viene estratigráficamente discordante una delgada serie mesozoica constituida por calizas del Cretácico superior.

La unidad alóctona de Gavarnie tiene una parte constituida por Paleozoico que aflora ampliamente en toda la cuenca alta del río Ara y afluentes de la cabecera, siendo el imponente macizo de Vignemale (3.303 m.) el elemento geográfico más espectacular, aparte de los contrafuertes de los macizos granodioríticos de Panticosa y Cauterets en la cabecera del río Ara.

La gran estructura pirenaica del Manto de Gavarnie ha sido objeto de numerosos estudios. Las hipótesis autoctonistas tradicionales definían la vertiente pirenaica meridional como una gran estructura sinclinoria de vergencia Sur con importantes cabalgamientos. Tras las aportaciones de SEGURET (1972), se considera ese conjunto una masa alóctona, despegada y desplazada hacia el Sur, de material devonico-carbonífero, sobre la que se ha desplazado a su vez la cobertera (SEGURET, 1972; CHOUDKRONNE et al. 1973; MATTAUER y RIOS, 1980), como un sistema superpuesto con frentes de cabalgamiento y fuertes buzamientos. CAMARA y KLIMOWITZ (1985) sitúan estos movimientos entre el Cretácico superior y el Mioceno y los asocian a una deformación continúa en el tiempo, con etapas diferenciadas. Se iniciaría en el Cretácico inferior, fase de Rift ligada a la apertura del Golfo de Vizcaya y a la falla sinistral norpirenaica, seguida de una segunda fase en el Eoceno-Oligoceno, compresiva, con borde activo al Norte, que motiva el acortamiento de la cuenca existente en estos momentos en unos 40 km.

Respecto a los materiales del ciclo alpino son esencialmente calcáreos presentando algunas lagunas estratigráficas del Triásico, Jurásico y Cretácico inferior. Forman parte del Manto de Gavarnie, pudiéndose distinguir aquellos pertenecientes a la Unidad de Gavarnie s. str. y solidarios con el Paleozoico de esta unidad y aquellos otros pertenecientes a la Unidad de Monte Perdido, suprayacente tectónicamente a la Unidad de Gavarnie y que forman la magnífica orografía del macizo de Monte Perdido: picos de Taillón (3,144 m.), el Casco (3.007 m.), Marboré (3.250 m.), Cilindro (3.335 m.), Monte Perdido (3.355 m.), Soum de Ramond (3.254 m.), etc. Estas cumbres están alineadas paralelamente a la Cadena y pertenecen a un segmento de la sierra surpirenaica profundamente surcado por el río Ara. Al oeste del río Ara, dicha sierra se prolonga por el pico Fenez (2.524 m) y Peña de Otal (2.709 m.). El armazón de todos estos relieves, en los materiales alpinos, es la caliza del Terciario basal que suele coronar los escarpes nortes de la sierra tallados en areniscas calcáreas del Cretácico superior.

1. MATERIALES PALEOZOICOS.

Los materiales más antiguos que afloran en el sector de estudio pertenecen al Silúrico. Se sedimentaron en un período de quietud y presentan la serie incompleta. Están constituidos por pizarras y calizas muy tectonizadas y que debido a su carácter incompetente (sobre todo las pizarras) han actuado como lubricante, movilizandando masas importantes. Los escasos afloramientos silúricos se encuentran salpicados en las proximidades de la confluencia del río Ara y el río Arazas.

Durante el Devónico se estableció una sedimentación de plataforma nerítica subsidente que provocó la acumulación de enormes espesores de carbonatos.

Los materiales del Devónico Inferior están constituidos por pizarras y calizas masivas alcanzando grandes espesores, unos 400 m. para WENSINK (1962), aunque la sucesión estratigráfica está desvirtuada por los movimientos tectónicos y es difícil precisarlo. LITH (1965) distingue tres formaciones: la formación calcárea inferior compuesta por calizas masivas claras, una formación detrítica de pizarras y grauwacas y otra formación calcárea superior de calizas finamente estratificadas. En la zona del Valle del Ara estos materiales se han visto muy afectadas por el metamorfismo de contacto originado con la posterior intrusión del Macizo granítico de Panticosa (IGME, 1971).

Mas tarde, en el Devónico Medio, continuó el desarrollo de la sedimentación calcárea, de naturaleza nerítica, con una potencia próxima a los 600 m. según WENSINK (1962). Se caracterizan por una formación de calizas indiferenciadas y relativamente uniformes, denominadas "rubaneé" por DEBON (1972), que presentan una sedimentación rítmica de niveles carbonatados y pizarrosos de espesor decimétrico, sus afloramientos son importantes en la cuenca alta del río Ara ya que se encuentran alrededor del Macizo de Vignemale, Pico de Bramatuero y cercanos al batolito granítico de Panticosa. WENSINK (1962) apunta que en el valle del Ara, la etapa que comentamos, está representada por calizas de tipo arrecifal que localmente han pasado a mármoles por metamorfismo de contacto (IGME, 1982).

Las capas carboníferas afloran de forma esporádica en la cabecera del río Ara. En este momento geológico se estableció un episodio de uniformación con series carbonatadas de poco espesor y de carácter pelágico.

El Carbonífero inferior se caracteriza por la presencia de lúditas y pizarras (flysch calcoesquistosos) alteradas por metamorfismo de contacto y a menudo marmorizadas. WENSINK (1962) habla de la presencia de calizas del Viseense, a veces fosilíferas, con intercalaciones en la base de conglomerados y areniscas.

Tras la orogenia hercínica, se inicia el Carbonífero superior caracterizado por las series detríticas de escasa representación caliza del Westfaliense y del Namuriense. El primero posee una alternancia de estratos margosos y pizarrosos, y el segundo de pizarras y grauwas areniscosas, con un estilo tectónico imbricado de gran complicación, frecuente según WENSINK (1962) en toda la zona axial pirenaica.

2. LOS MATERIALES MESOZOICOS

2.1. TRIASICO

Estos materiales sólo afloran en la cuenca del Cinca. Respondiendo en su totalidad a los caracteres típicos de la facies germánica.

2.2. CRETÁCICO

Los materiales cretácicos más antiguos afloran en la cabecera de la cuenca del río Ara, iniciando el Cenomanense y el Turonense la segunda etapa de este período geológico. El **Cretácico superior** pirenaico corresponde a un *ciclo completo de sedimentación*. Este comienza con facies muy costeras (de calizas arrecifales del Cenomaniense y Turoniense), evoluciona progresivamente a sedimentos de mayor profundidad (terrígenos en el Norte y carbonáticos en el Sur, del Coniaciense y Campaniense) hasta un momento determinado en que paulatinamente adquiere características regresivas (facies terrígenas de transición del Maestrichtiense) finalizado con el establecimiento de condiciones de sedimentación continental (fines del Maestrichtiense-Paleoceno) (ROSELL et al., 1982).

Los materiales cretácicos son los que arman el pliegue tumbado de Ordesa así como el Macizo de Monte Perdido y el Manto de Cotiella. Hay que señalar una diferencia notable entre las series de Monte Perdido y las de Cotiella como es la menor potencia en la primera unidad frente al otro manto pirenaico oriental.

Cenomaniense - Turoniense. Se inicia con una importante transgresión marina que causa la invasión, en toda la vertiente pirenaica, de un mar peculiar en el que se sedimentan homogéneamente calizas microclásticas o prealveolinas (SEGURET, 1972) con una potencia de 250 m., seguida de calizas y calizas margosas con Fissulinas en el Turoniense. Este conjunto se dispone mediante una

Senoniense. Se distinguen cuatro pisos:

- Coniaciense formado por calizas pseudoolíticas con Videliiana, Volvulaminas e Hippurites. Aflora en San Nicolas de Bujaruelo, Puerto de Bujaruelo y Port de Gavarnie.

- Santoniense. Tras una breve regresión en la segunda parte del Coniaciense se desarrolla una nueva transgresión marina durante la cual se depositan calizas de grano grueso arenosas con cuarzo muy ferruginoso, llamados "maciños" según MISCH (1936).

- Campaniense. En este período el mar cretácico alcanza su mayor extensión (SEGURET, 1972) sedimentándose entonces los materiales constituyentes de la denominada *Formación Estrecho* (VAN DE VELDE, 1967) compuesta por dolomías algo detríticas y calizas de color gris claro a gris oscuro (IGME, 1980). La potencia oscila entre 350-380 m. en Ordesa y menos de 200 en Bujaruelo. En la base de la serie (60-70 m. inferiores) aparecen dolomías arenosas, con niveles de cantos de cuarzo, lo cual se repetirá en formaciones más modernas. Es característica también la presencia de niveles arrecifales con Rudístidos, de los cuales a veces sólo queda la huella, al haber desaparecido las conchas por la meteorización. Es una formación no demasiado visible en el Parque de Ordesa pues suele estar cubierta por derrubios o bosque. La serie más completa aparece en las zona de las Cascadas del Estrecho, aunque también es visible en los valles de Bujaruelo, Pineta y Gavarnie.

- Maestrichtiense. Se halla representado por la *Formación Tozal* (VAN DE VELDE, 1967), compuesta en la cuenca del Ara por margas y calizas arenosas y areniscas de grano fino con cemento calcáreo (dolomítico en la parte alta de la serie). De modo ocasional y sobre todo en la parte baja de la serie aparecen niveles con cantos de cuarzo. La característica fundamental que identifica esta formación es la pátina pardo amarillenta, localmente rojiza, que toman estas rocas cuando experimentan procesos de meteorización, dando un color característico perfectamente identificable en el paisaje.

El espesor en el río Ara es de unos 730 m. (Rios et al., 1982,1989). La serie del Tozal, en Ordesa tiene 440 m. y 580 m. en el

Ara (VAN DE VELDE, 1967; VAN DER VOO, 1966). Esta formación constituye la mayor parte de los escarpes de Ordesa, Añisclo, Pineta y Gavarnie. De modo más disperso aparecen afloramientos en la zona de cumbres (Pico de Marboré, Taillón, Sarradets, etc.).

La presencia de estas enormes masas de rocas carbonatadas cretácicas determina, desde el punto de vista geomorfológico, la aparición de un importante modelado kárstico, con morfologías ampliamente desarrolladas.

3. LOS MATERIALES TERCIARIOS

3.1. PALEOGENO

El Terciario ocupa la mayor parte de la superficie de la cuenca del río Ara, mostrando un claro predominio de los materiales eocenos.

Eoceno.

Este lapso de tiempo, de 10 millones de años, se divide según ROSELL (1988) en tres etapas individualizadas por movimientos tectónicos de carácter regional: una primera etapa de relativa tranquilidad en la que se construye una rampa carbonatada, que abarca y sobrepasa el ámbito pirenaico (Grupo de Ager). Una segunda etapa en que, al igual que la anterior, el momento tectónico es heredado del Cretácico superior cuando la cuenca queda ya compartida en tres sectores por las fallas de Bigorre y de Cataluña, y en la que se construyen importantes aparatos deltaicos con áreas fuentes situadas al S y E de la cuenca de depósito. Y, una tercera etapa, con el Pirineo recién levantado en la que se construyen plataformas siliciclásticas con área fuente principal situadas al N, las cuales son parcialmente destruidas y resedimentadas, dando lugar a sistemas turbidíticos.

La cuenca eocénica pirenaica corresponde a un surco alineado de E a W donde las facies proximales se sitúan en la parte oriental y las distales en la occidental. El accidente del Segre, es el causante de que una parte de este surco quede parcialmente aislado, pero que registra todos aquellos eventos tectosedimentarios que tienen lugar en la cuenca principal (Fig.4). Ambas cuencas presentan una polaridad de E a W con desarrollo de plataformas siliciclásticas en la parte oriental y turbiditas en la occidental. Los momentos de construcción de rampas y plataformas carbonatadas son expansivos y se generalizan a toda la cuenca, a excepción de aquellas áreas profundas donde, a lo sumo, llegan los productos de destrucción y resedimentación de las mismas, dando lugar a turbiditas calcáreas y a megaturbiditas.

A pesar de esta separación espacial, la mayoría de los cuerpos turbidíticos más importantes como producto de fenómenos que afectan a los tres sectores de la cuenca sudpirenaica, pueden correlacionarse.

- Ilerdense. Se encuentra de forma concordante, en los alrededores de Ordesa y está compuesto por las Calizas de Alveolinas, aquí llamada Formación Gallinero por VAN DE VELDE (1967) y a techo, por calizas margosas que anuncian ya un proceso de subsidencia en el sector (SOLER y PUIGDEFABREGAS, 1970). En el pico Gallinero la serie tiene una potencia de 140 m. lo mismo que en Soaso. Está compuesto por calizas dolomíticas y calizas fosilíferas de pátina gris, y un nivel de caliza arenosa con estratificación cruzada. La formación finaliza con un nivel de calizas, que en sus últimos metros presentan numerosos nódulos de sílex.

- Cuisiense. Es en este momento, cuando el Pirineo Central se ve afectado por el desplazamiento de la Unidad Cotiella. La paleogeografía pirenaica se modifica originándose la gestación de un surco subsidente E-O o Cuenca Eocena de Tremp-Pamplona. El deslizamiento de la cobertera cretácica condicionará el establecimiento de facies con distintas características dependiendo de los rasgos de los lugares de deposición.

El Cuisiense está representado por un potente flysch de 3.500-4.500 m. de espesor, discordante sobre las calizas anteriores, que va mostrando facies más profundas hacia el Norte y Oeste donde el talud del surco subsidente pirenaico era más profundo; hacia el Este se convierten en deltaicas y hacia el Sur pasan lateralmente a margas, mientras que en la vertical lo hacen hacia facies más continentales (GARRIDO, 1973); los ritmos provocados por las corrientes de turbidez originaron "slumps" basales, areniscas calcáreas granuloclasificadas y capas de margas a techo (SOLER y PUIGDEFABREGAS, 1970).

El modelado que se ha generado sobre estos materiales muestra un conjunto de pequeñas cuestas arenosas separadas por tramos margosos más blandos y deleznales en los que se ha encajado la red fluvial y en las que se han generado importantes y complejas morfologías de "badlands". Desde el punto de vista geomorfológico, el flysch se comporta de modo homogéneo, como una roca relativamente blanda fácilmente erosionable, debido a la rápida meteorización de los

niveles margosos. Al propio tiempo proporciona gran cantidad de material coluvionar en las laderas, dando lugar a numerosos procesos de movimiento en masa.

Otro afloramiento destacado al que hay que aludir son las facies de plataforma situadas al Sur del surco subsidente o *Calizas de Guara*, formadas por calizas y calcoarenitas bioclásticas, margas, y calizas nodulosas (CAMARA y KLIMOWITZ, 1985).y ubicadas en todo el Anticlinal de Boltaña.

- Biarritziense. Tras la formación de los pliegues con dirección meridiana durante esta etapa, la cuenca marina eocena se transforma, gradualmente, en un área de deposición continental.

Los afloramientos reveladores de estos acontecimientos se encuentran en el límite Sureste de la cuenca del Ara, junto al Sinclinal del Guarga. Estos materiales de transición o Formación Campodarbe se presentan, o bien, discordantemente sobre los terrenos más antiguos, o se indentan localmente con el Eoceno Medio-Superior; se define como una facies fluvial constituida por margas rojizas, areniscas y lechos de conglomerados que pasan lateralmente hacia el Oeste a facies deltaicas.

La cuenca central es la mejor conocida, sobre todo después del trabajo de MUTTI et al. (1985). De la oriental, actualmente en revisión y estudio, existen trabajos muy generales como los de PUIGDEFABREGAS et al. (1986), o muy locales, entre los que cabe citar a MAESTRO (1986) y COSTA (1986), sin que en ellos se halla establecido aún la relación existente entre las plataformas y los sistemas turbidíticos. En la occidental se conocen con detalle las series turbidíticas (VAN VLIET, 1982 y ROSELL et al., 1985) y son prácticamente desconocidas las plataformas deltaicas de las cuales derivan.

Para finalizar, según ROSELL (1988), la "muerte" de un sistema turbidítico se origina por varios factores, siendo los más importantes, la falta de sedimentos, el ascenso del nivel del mar y la estabilización tectónica. No obstante, el factor tectónico es el controlador principal: en los continentes, por regular mayoritariamente la erosión, transporte y sedimentación de los ríos, y en el mar, por controlar la mayoría de los movimientos eustáticos.

Oligoceno.

Consideramos como perteneciente al Oligoceno todos los materiales que se depositan sobre la Formación Campodarbe. Aflora solamente en la Sierra de Galardón y está compuesta por conglomerados de cantos bien redondeados, calizas y areniscas mesozoicas y eocenos en lechos duros y potentes (ALMELA et al., 1958) determinando la presencia de unas morfologías abruptas y escarpadas.

4. LAS DEFORMACIONES TECTÓNICAS

Las actuales unidades estructurales y morfológicas de la cadena pirenaica son fruto de la actividad orogénica ocurrida, fundamentalmente, durante las épocas del Eoceno y Oligoceno. Sin embargo, no podemos olvidar los esfuerzos tectónicos acontecidos en periodos precedentes puesto que de ellos derivaron algunos hechos que jugaron un papel determinante en la tectónica alpina.

4.1. OROGENIA HERCINIANA

La Fase Mayor Hercínica se manifiesta a mediados del Westfaliense provocando la formación de un plegamiento de dirección E-W caracterizado por ondulaciones concéntrica, pliegues acostados y pliegues rectos sinquistosos (MIROUSE, 1980). Lo esencial de este momentos son los sucesos que siguieron a estas fases compresivas:

- Primeramente se inicia la intrusión de los batolitos graníticos de Panticosa, en la cuenca del Ara, y Bielsa, en la cuenca del Cinca, originando un metamorfismo de baja presión y un metamorfismo térmico alrededor de las capas carboníferas y devónicas en contacto con ellos.

- En una segunda parte, y lo más importante, a fines del Paleozoico se produce una etapa de distensión que origina la fase de desgarres tardihercínicos. Aparece, entonces, la falla norpirenaica que constituirá la estructura principal de la cadena, a partir de la cual se generará un dispositivo simétrico N-S de gran influencia tectónica-sedimentaria en la evolución de la cordillera (GARRIDO, 1973).

- En tercer lugar, se da la fragmentación del zócalo en un conjunto de mosaicos de los cuales nos afecta el del Vignemale, con importantes rejuegos posteriores (SOUQUET y MEDIAVILLA, 1976).

Al final de la orogenia hercínica tiene lugar la intrusión del batolito granítico de Panticosa. Datado inicialmente como una

intrusión hercínica (CASAS TORRES, FONTBOTÉ, 1945; WENSINK, 1962), J.E. VAN LANDEWIJK (1960) lo considerará postectónico y precretácico y F. DEBON (1972) dará una cronología absoluta de 290 millones de años. Para este autor, el batolito granítico de Panticosa es hercínico, post o tarditectónico, disarmónico, concordante y secante respecto a su encajante, y está provisto de una aureola de contacto. Esta aureola engloba los materiales Paleozoicos alterados por metamorfismo de contacto derivado de la intrusión granítica, respetando generalmente las estructuras sedimentarias originales. Posee una potencia muy variable, entre 100 m. y 5.000 m. que para F. DEBON (1972) derivaría de la paragénesis de la orogenia hercínica y la proximidad de los magmas graníticos, y para WENSINK (1962) estaría en función del origen y la diversidad de las formaciones sedimentarias. Para este autor, los materiales calizos darán lugar a una aureola metamórfica menor, mientras los materiales más arcillosos están más afectados en la cabecera del Ara.

La segunda gran etapa en la evolución del relieve pirenaico se produce desde el Stephaniense, con la deposición de las molasas tardihercínicas, hasta fines del Cretácico, momento en el cual se inician los primeros movimientos anunciadores del plegamiento alpino. Este período se define como un momento de distensión. Estamos ante la apertura del Golfo de Vizcaya por la rotación, en sentido siniestro, de la placa ibérica hacia la europea, culminando, ya en un tercer momento, con la colisión entre ambas (CHOUKROUNE y SEGURET, 1973). Hasta el momento de máxima transgresión en el Cretácico superior, la sedimentación tendrá carácter de plataforma, especialmente con la sucesiva acumulación de rocas carbonatadas que posteriormente se deslizarán a partir de los primeros movimientos en la base del Cuisiense.

4.2. OROGENIA ALPINA

La orogenia alpina afectará a todo el conjunto pirenaico a finales del Cenozoico, en distintas fases, que para F. DEBON (1972) serían muy extendidas en el tiempo, desbordando los límites de la era Terciaria y llegando a nuestros días. La formación de las estructuras

tectónicas que afecta a la cuenca del río Ara (y en general a todo el Pirineo Central) tiene lugar en cinco momentos concretos (Fig.4):

- Distensión Cusiense.
- Compresión Biarritziense.
- Compresión Fini-Eocena (Fase Mayor Pirenaica).
- Reajuste Intra-Miocenos y Miopliocenos (Fase Etírica y Rodánica).

4.2.1. DISTENSIÓN CUISIENSE

Aunque algunos autores hablan de una compresión intra-Garumniense (GARRIDO, 1973) paralela a la fase laránmica septentrional, la primera etapa destacable dentro de la orogenia sudpirenaica se da a principios del Cusiense.

La distensión Cusiense se produce por:

- primero, por una *rotación levógira*, de 30° aproximadamente (MUÑOZ et al., 1986), de la *placa ibérica* con respecto a la *placa inmóvil europea*;
- segundo, y consecuentemente, por la *apertura* de la *falla sinistral pirenaica* (CAMARA y KLIMOWITZ, 1985), de un *surco de dirección NW-SE* de *progresiva profundización* hacia el Oeste y,
- por último, por el *levantamiento* de la *zona axial* (CHOUKROUNE y SEGURET, 1973). La combinación simultánea de estos tres acontecimientos crea el suficiente desnivel para permitir el deslizamiento hacia el Sur de la Unidad Sudpirenaica Central (SEGURET, 1972) y cuya parte más occidental, Cotiella, se localiza en la cuenca del Cinca. Se trata, según SEGURET (1972) del establecimiento de una situación en relevo y en tijera causante de la distensión sudpirenaica occidental y de la compresión en el Pirineo oriental.

Todos estos fenómenos se constatan en la confluencia de los río Ara y Cinca, por la presencia de un área subsidente en la que se sedimentan enormes espesores de facies flysch y por la paulatina colocación de la Unidad alóctona de Cotiella.

El deslizamiento gravitatorio del Manto de Cotiella fue plenamente admitido hace algunos años, ya que SEGURET (1967) dio razones en favor de su aloctonía, diciendo que el contacto en la base del Manto entre los materiales eocenos subyacentes (futuro Manto de Gavarnie) y los cretácicos está muy próximo a la horizontal. Añade, asimismo, que la presencia, también, en el interior del macizo de numerosos cizallamientos horizontales indican un tectónica tangencial importante con desplazamientos constantes hacia el Sur.

El gran movimiento de la cobertera mesozoica en nuestra zona, Manto de Cotiella, es explicado por CAMARA y KLIMOWITZ (1985) mediante la idea de una tectónica doble e imbricada. Ambos autores comentan que en la Cuenca de Jaca (lo que, a grandes rasgos, sería la parte occidental de Boltaña) se ubican preferentemente los cabalgamientos del basamento y despegues de cobertera de poco espesor, mientras que en el área de Tremp (más al Este de Boltaña), los cabalgamientos de basamento tiene menos importancia con un claro dominio de los cabalgamientos de cobertera y con una superficie de despegue mayor debido a la presencia de una serie triásica mucho más potente.

La instalación, en aquel medio marino, de las series cretácicas procedentes del Norte provocó el establecimiento de facies fluvio-deltaicas al Este (Grupo de Montañana) y ya en nuestra área, de facies de tipo flysch (Grupo de Hecho) de dirección SE-NW.

El desplazamiento de la Lámina Cabalgante Superior (MUÑOZ et al., 1986) se estima, desde el punto de arranque, en unos 20 Km. (SEGURET, 1972).

4.2.2. COMPRESION BIARRITZIENSE.

Tras la etapa de distensión anterior se desarrolla la compresión biarritziense. Las consecuencias de estos primeros esfuerzos tectónicos, precursores de las fases más relevantes del levantamiento alpino, se reflejan en la Unidad desplazada de Monte Perdido y en la emersión del Anticlinal de Boltaña.

4.2.2.1. LA UNIDAD DE MONTE PERDIDO.

Las primeras ideas acerca de la individualidad de este Manto frente al de Gavarnie las defendieron VAN LITH en 1965 y VAN DE VEDLDE en 1967, siendo retomadas por SEGURET en su Tesis doctoral (1972). Este último autor redefine el conjunto de Monte Perdido como una unidad independiente, con una "mise en place" anterior a la de Gavarnie y arrastrado, después, por ese manto subyacente.

Esta Unidad constituye, igual que Cotiella, *un manto alóctono de tipo gravitacional* (con frente en el pliegue tumbado de Torla) colocado en la base del Luteciense según GARRIDO (1967) o del Biarritziense según PUIGDEFABREGAS (1975) al que seguimos. El Manto de Monte Perdido se deslizó desde su substrato mesocenoico sobre los yesos del Keuper; su movimiento estuvo ayudado por la plasticidad de estos yesos.

El salto de las escamas cabalgantes y los pliegues hacia el Sur fue amortiguado por el flysch plástico que se estaba sedimentando en el surco cuisiense, provocando, pues, el plegamiento de estos depósitos blandos y fácilmente deformables.

El desplazamiento, respecto al punto de arranque, de la Unidad de Monte Perdido, se sitúa entre 9 y 10 km. (SEGURET, 1972; VAN DE VELDE, 1975).

4.2.2.2. EL ANTICLINAL DE BOLTAÑA.

El otro hecho decisivo originado durante esta etapa compresiva fue la formación de los *primeros pliegues* (cabalgamientos o frentes cabalgantes de CAMARA y KLIMOWITZ, 1985) en sentido meridiano.

En este momento aparecen huellas en los conjuntos depositados que revelan un cambio de la situación sedimentaria, sin duda, consecuencia de una modificación de las unidades estructurales. El efecto de cuña ejercido por la unidad tectónica del Pirineo Central sobre la serie despegada de Gavarnie (SEGURET, 1972) originará, desde fines del Luteciense a mediados del Biarritziense, la formación del Anticlinal de Boltaña y la subsidencia tectónica del sinclinal adyacente de Santa María de Buil que divide el Grupo de Hecho en dos subcuencas y controla la casi totalidad de la distribución de facies en las últimas etapas de evolución de la cuenca (MUTTI et al., 1985).

Como estructura que se está formando simultáneamente a Monte Perdido, el Anticlinal de Boltaña condiciona el desplazamiento de esta Unidad. Así pues, la presencia de las series carbonatadas de la nueva deformación positiva impidió, al contrario que el *flysch*, la amortiguación de las series procedentes del Norte; de este modo, la zona desplazada no se limitó a las Sierras Interiores sino que se desplazó hacia el Sur toda la zona Este de Boltaña, siendo pues, el Anticlinal, el frente de la Unidad de Monte Perdido (SOLER y PUIGDEFABREGAS, 1972).

Entre 1922 y 1954 la Compañía de Investigación y Explotación Petrolíferas S.A., realizó un sondeo en Boltaña que alcanzó los 2.124 m. de profundidad. Su estudio y análisis ofreció importantes datos acerca de la estratigrafía y disposición tectónicas de las capas, ya que la sonda perforó en varias ocasiones a distintas profundidades idénticos materiales geológicos (I.G.M.E. 1956, Hoja de Boltaña n° 211, 42 pag.). Así se pudo detectar que en profundidad este Anticlinal, cortado por la garganta del río Ara, organiza un pliegue más violento, llegando a volcarse en las zonas más occidentales. El sondeo detectó los siguientes conjuntos estratigráficos dispuesto a las siguientes cota:

- 0 - 17 m. gramas y aluviones cuaternarios del río Ara.
- 17 - 47 m. calizas grises del Eoceno inferior.
- 47 - 774 m. areniscas y calizas Maestrichenses.
- 744-1.100 m. calizas del Campaniense-Santoniense-Campaniense.
- 1.100 - 1.390 m. Calizas del Maestrichenses.
- 1.390 - 1.982 m. Calizas grises del Eoceno inferior.
- 1.982 - 2.124 m. Calizas del Maestrichense.

4.2.3. COMPRESION FINI-EOCENA.

Se desarrolla en este período la Fase Mayor Pirenaica. El suceso más relevante que acontece en la paleogeografía pirenaica es la colocación del Manto de Gavarnie. Esta enorme Unidad se extiende desde la falla del Segre (que la separa de la Unidad despegada del Cadí en el Pirineo Oriental) hasta la falla de Pamplona (SOLÉ SUGRAÑES, 1978; MUÑOZ et al., 1986) -límite establecido a pesar de que otros autores la prolongan más allá de esta fractura-.

El Manto de Gavarnie se define como un conjunto de materiales hercínicos, mesozoicos y eocenos despegados a nivel del Paleozoico. El desplazamiento experimentado por el Manto de Gavarnie no ha sido el mismo a lo largo de todo su frente, se puede observar como las series paleozoicas y mesozoicas se han desplazado en mayor medida hacia el Este, de tal modo que mientras en Gavarnie se miden 9 km. de corrimiento, en Bielsa se alcanzan ya los 15 km. (SEGURET, 1972). Este tipo de movimiento es fruto de los mayores espesores de materiales del Keuper en la parte occidental favoreciendo desplazamientos más amplios en esta dirección.

La acción compresiva N-S desarrollada a fines del Eoceno afectó también a los anticlinales meridianos nacidos tras los esfuerzos tectónicos del Biarritziense. En el Anticlinal de Boltaña los empujes septentrionales dieron lugar a que el flanco occidental

adquiriera, allí donde la plasticidad del material lo permitía, direcciones E-W. Esta torsión de las capas calcáreas provocó una *falla de desgarre N-S* paralela al empuje principal que desplazó parte del compartimento occidental hacia el Sur. A partir del río Ara la fractura se transforma en una zona de pliegues de arrastre de eje vertical que se sitúan como charnela entre los pliegues de dirección pirenaica y la estructura antiforme de Boltaña que no se encuentra implicada por ella (SOLER y PUIGDEFABREGAS, 1972).

4.2.4 COMPRESION FINI-OLIGOCENA.

Si en el período recién descrito apuntábamos como fundamental el inicio de la "mise en place" del Manto de Gavarnie, a lo largo de la Fase Sálica hemos de mencionar que el acontecimiento principal es la reactivación y traslación continuada de esta misma Unidad durante el Chattienense y Aquitaniense (PUIGDEFABREGAS, 1975). GARRIDO (1973) data este proceso como pre-aquitaniense. Esta traslación afectó directamente, el corrimiento hacia el Sur de toda la Cuenca de Jaca. El valor dado a este desplazamiento es, al menos, de unos 8 Km. en la parte occidental mientras que en la vertical de Boltaña se cifra en unos 15 km., debido según PUIGDEFABREGAS (1975), a la componente dextrogiro que parece tener este movimiento.

Finalmente, diremos que el valor que se da a los desplazamientos experimentados por el Conjunto Sudpirenaico Central al término de la orogenia alpina es de 9 a 15 km. para la Unidad de Gavarnie y la Cuenca de Jaca, de 15 a 20 km. para la serie de Monte Perdido y de más de 50 km. para el Manto de Cotiella (SEGURET, 1975).

4.2.5 REAJUSTES INTRA-MIOCENOS Y MIOPLIOCENOS

A mediados y fines del Mioceno se desarrollan las últimas pulsaciones orogénicas que sacuden, de nuevo, al Pirineo Central. En estas fases, Estírica y Rodánica respectivamente, se experimentan reajustes isostáticos que provocan el abombamiento y la elevación de la zona axial estableciendo así las altitudes que conocemos hoy (GARRIDO, 1973). Simultáneamente y a partir de entonces, los agentes

de erosión se han encargado de elaborar y modelar la morfología actual.

Recientemente el conocimiento geológico y geofísico del Pirineo, ha registrado un sensible avance gracias a la realización de los perfiles sísmicos de reflexión profunda, efectuados en sectores más orientales a nuestra zona de Tesis, y dentro del Proyecto ECORS. Dicho perfil ha determinado con gran exactitud, tanto el buzamiento de la Placa Ibérica, introduciéndose por debajo de la corteza de la Placa Europea, como la estructura compleja de los diversos mantos que se apilan tanto en la vertiente meridional, como en la septentrional de esta cordillera. Una organización estructural de los mismos figura en la cartografía de geología 1:200.000 del Pirineo Central (ECORS, 1994).

5. MARCO MORFOESTRUCTURAL

De todo lo descrito en el apartado anterior, podemos considerar que es en el Oligoceno-Mioceno cuando quedan establecidas las bases morfoestructurales que definen en la actualidad el relieve pirenaico. En él encontramos una división morfoestructural ya tradicional en Pirineo (JACOB, 1930 y SOLÉ, 1942) y ampliamente aceptada tanto en las síntesis estructurales (SOLER y PUIGDEFABREGAS, 1972; MIROUSE, 1980; CHOUKRONE et al., 1980; JULIVERT et al., 1980) como morfológicas (SOLÉ SABARIS, 1956; VIERS, 1973) que comprenden el Pirineo Axil, Sierras Interiores, Depresión Media y Sierras Exteriores.

El marco morfoestructural que rodea el valle del río Ara es una clara representación de casi todas las unidades estructurales del Pirineo Central (a excepción de las Sierras Exteriores). Nuestra zona se podría calificar como el punto de contacto entre dos conjuntos pirenaicos, el leridano y el oscense, de características tectónicas, estructurales y morfológicas diferentes.

5.1. PRINCIPALES UNIDADES MORFOESTRUCTURALES.

5.1.1. PIRINEO AXIAL, con altitudes de más de 3.000 m. y formado por macizos aislados como el Vignemale (3.370 m.). Se encuentra desprovisto de la cobertera mesoterciaria y se eleva por encima de la margen posterior de la cobertera sedimentaria del manto de Gavarnie (Sierras Interiores) por efecto de los movimientos tectónicos que tienen lugar desde el Eoceno Medio hasta el finioligoceno. En él se diferencian claramente los sectores labrados sobre materiales pizarrosos y calizos de los graníticos.

Como hemos podido apreciar en el análisis geológico, el conjunto ofrece una gran complejidad estructural, debido fundamentalmente a la diversidad de materiales y a la presencia de dos orogenias. Presenta una gran heterogeneidad morfoestructural derivada

de la existencia de calizas y pizarras paleozoicas, metamorfizadas y afectadas por la tectónica hercínica y la alpina; del batolito granítico de Panticosa, posthercínico; y la aureola de metamorfismo de contacto, que engloba materiales paleozoicos más o menos metamorfizados (con gran complejidad a pesar de su reducida extensión). Los procesos de modelado han tenido respuestas homogéneas en cada sector, adaptándose a la disposición y extensión de las estructuras, así como a las diferentes litologías, por lo que existe una homogeneidad estructural para cada uno de estos ámbitos (SERRANO, 1991).

5.1.2. LAS SIERRAS INTERIORES . La Sierra de Tendeñera comprende desde el río Ara hasta el Gállego, formando una elevada cresta con cumbres entre 1.900 y 2.800 m. de altitud, de más de 15 Km. de largo y menos de 3 Km. de ancho, con sendas vertientes muy abruptas, que separa nítidamente los ámbitos del Pirineo axil y la Depresión media.

Como hemos visto anteriormente, constituye la parte trasera de la cobertera sedimentaria Mesocenozoica del Manto de Gavarnie. Esta se ha desplazado hacia el Sur como respuesta a los levantamientos verticales del Pirineo axil, que en la Sierra implican un desplazamiento gravitacional y plegamiento en cascada de los materiales Mesoterciarios. Con la erosión de su vertiente Norte, el conjunto queda constituido como un gran relieve de tendencia monoclinial, aunque más complicado en detalle, cuyas formas se modelarán en función del enérgico relieve y de los materiales, afectados por una notable erosión diferencial.

Hacia el Sudeste y cerca de la confluencia de los ríos Ara y Cinca, las Sierras interiores muestran sus estructuras en los relieves dominantes de Peña Montañesa (2.291 m.) y Cotiella (2.912 m.). Estos mantos de corrimientos se modelan en cornisas, crestas, incluso relieves pseudotabulares (Peña Montañesa) fuertemente incididos por la red fluvial cuaternaria, estrechas focas y valles abiertos por el modelado glaciar acompañado, todo ello, de morfologías kársticas importantes.

La tercera unidad es la que se ubica al pie de las Sierras Interiores. Se trata de sierras modeladas a partir de depósitos de facies flysch eocenas (Sierra de la Corona 1955 m., Sierra de Canciás 1928 m., Sierra de Galardón 1803 m. ó el propio Anticlinal de Boltaña con 1.392 m.). Paisajísticamente, se aprecia el dominio de un claro modelado en cuevas con estrechas depresiones excavadas en los materiales flyschoides más deleznales e intensos acaravamientos generadores de importantes badlands.

5.1.3. SIERRAS EXTERIORES; el Anticlinal de Boltaña.

Constituye el accidente tectónico más relevante del área que estudiamos (Foto 1y2). El efecto de cuña ejercido por la Unidad tectónica del Pirineo Central hacia el Oeste sobre la serie despegada del Manto de Gavarnie, produce la disposición tan característica del Anticlinal de Boltaña en sentido Norte-Sur (SEGURET, 1972). Ello originará, desde fines del Luteciense a mediados del Biarritziense la subsidencia tectónica del sinclinal adyacente de Santa María de Buil que divide el Grupo de Hecho en dos subcuencas y controla la casi totalidad de la distribución de facies en las últimas etapas de evolución de la cuenca (MUTTI et al., 1985).

Desde el punto de vista sedimentológico, la conexión que se establece en ambos flancos del anticlinal pirenaico entre las Calizas de la Fm. Guara y las últimas secuencias del Grupo de Hecho, es especialmente interesante puesto que de su correcta interpretación se deduce cuando se inician las deformaciones Norte-Sur en el área que nos ocupa. El paso de unos materiales a otros y la existencia de discontinuidades entre ellos ha sido enfocado de diferentes maneras a lo largo de los trabajos referentes al tema.

Hasta los estudios de TEN HAAF (1966) y VAN LUNSEN (1970) no había tenido lugar un análisis más o menos detallado en este sentido, únicamente ALMERA y RIOS (1951) y ALASTRUE, ALMERA y RIOS (1958) mencionaban la presencia de materiales transgresivos de edad ludense que se situaban sobre las caliza y margas eocenas plegadas, por lo que databan el pliegue N-S como preludense. Era ésta, sin duda, una

Guarga, diferente, pues, de los siguientes análisis apoyados, principalmente, en la disposición de los materiales existentes en los flancos de la deformación positiva.

TEN HAAF defendía en 1966 que en los márgenes del anticlinal no existían discordancias angulares que cortasen las margas azules y la parte superior del flysch; observaba también, el ángulo comprendido entre el flanco inflexible (flanco occidental) y las capas oligocenas que se encuentran cortando la cima hacia el Sur, viendo que estaba ocupado por un vasto abanico de capas que se adelgazaban hasta su desaparición. Para este autor la génesis del accidente era contemporáneo a la sedimentación del flysch en el borde de la cuenca subsidente.

REILLE (1971) habla de un biselamiento progresivo de la "parte superior de la serie azul" sobre los flancos calizos del anticlinal, de niveles arenosos finos que se desorganizaban en las proximidades de la charnela, pasando, de modo más o menos discontinuo, de un lado a otro, (o de un adelgazamiento de esos niveles) defendiendo la existencia de una tectogénesis simultánea a la sedimentación de las series azules (Grupo de Arro y Hecho).

En 1975, PUIGDEFABREGAS observaba dos situaciones diferentes según nos situásemos en el flanco oriental u occidental. El primero de ellos señalaba que los términos superiores de la Fm. Arro (o segundo subgrupo de Hecho) se colocaron discordantes sobre el flanco del anticlinal indicando un levantamiento. En el flanco Oeste se da un cambio lateral de facies con adelgazamiento de calizas, intercalaciones de "slumps" con nummulites, alveolinas y assilinas, pero con la particularidad de que al mismo tiempo se producen grandes erosiones submarinas en las facies de plataforma (también señaladas por los autores siguientes).

Las ideas más recientes explicando la evolución del proceso tectónico y sedimentario entre Boltaña y Aínsa las explicó MUTTI et al., (1985) basándose en la última secuencia deposicional del Grupo de Hecho, la llamada por él Secuencia de Aínsa. Este conjunto sedimentario aflora en los alrededores de esta localidad, limitada al Oeste por el Anticlinal de Boltaña y al Este por el río Cinca aproximadamente.



Foto 1. Anticlinal de Boltaña.



Foto 2. Detalle de la estructura del Anticlinal de Boltaña

La sucesión vertical de la Secuencia de Aínsa muestra, claramente, que el desarrollo de la antiforma de Boltaña fue sinsedimentario. En la parte basal, las sucesivas pulsaciones de la elevación se han reconocido por la superposición de *tres sistemas turbidíticos diferentes: Aínsa, Morillo y Guaso*, de caracteres similares a los descritos para el primer subgrupo de Hecho y separadas, de igual forma, por intercalaciones de materiales de grano fino. En el techo de la secuencia, las últimas pulsaciones se han distinguido por una espectacular regresión expresada en la repentina y disconforme superposición de facies de talud con deslizamientos de vertiente muy caóticos (MUTTI et al., 1985). La subcuenca Oeste, consecuencia de este momento orogénico, muestra importantes facies de deslizamiento agravados por la mayor inclinación (mencionada ya por TEN HAAF y PUIGDEFABREGAS) así como la fosilización por facies turbidíticas de talud del frente del anticlinal (GARRIDO y CAMARA, 1985).

La cluse que el río Ara ha labrado en su interior permite ver un primer tramo de calizas margosas, arenosas y calizas puras grises o "alveolinas" pertenecientes al Ilerdiense inferior-medio, en las que el agua ha esculpido morfologías abruptas y escarpadas. El recorrido que se hace siguiendo el curso del río Ara permite observar también, un segundo tipo de litologías en el núcleo del anticlinal, nos referimos a las "Margas de Yeba" pertenecientes al Ilerdiense superior, dando formas menos bruscas que las generadas en las rocas carbonatadas que las envuelven; los barrancos se pueden ensanchar algo más y no hay escarpes ni cañones tan acusados. Se observan poco antes de llegar al túnel de Ballupor.

Pero sin duda, el conjunto litológico más importante que arma la mayor parte de la antiforma carbonatada de Jánovas lo representan las "Calizas de Guara". Afloran en la parte más externa del Anticlinal y es donde se han desarrollado las formas más espectaculares.

Después de los últimos reajustes intramiocenos y miopliocenos causantes de la elevación de la cadena pirenaica, se produce una importante reactivación erosiva que inicia el gran proceso de exhumación del relieve (PEÑA, 1983).

Desde el punto de vista geomorfológico, la alternancia de los niveles margosos y areniscosos originará distintas formas:

a)- un modelado en cuesta, de chevrons y líneas de capa ante las rocas que presentan mayor resistencia a la erosión y

b)- un dominio de badlands o acarcavamientos ante los sedimentos más blandos y deleznales.

Por último, en la zona más meridional, limitando a todas las unidades morfológicas anteriores y previa a las Sierras Exteriores, encontramos el último conjunto geomorfológico que nos afecta. Se trata de una serie de depresiones y valles longitudinales, Canal de Berdún, Val Ancha y Guargera, aglutinados bajo la denominación de Depresión Media, a pesar de que desde el punto de vista geológico no es tal. De esta manera podemos considerar "Depresión" al valle del Ara desde la ribera de Fiscal hasta Aínsa y también la zona de Campo, ya enlazando con la Conca de Tremp en el Pirineo Leridano.

La Depresión Media está constituida, como hemos visto anteriormente, por materiales Terciarios del Cuisiense al Sannoisiense, plegados y cabalgados. Los materiales son fundamentalmente series de areniscas y margas alternantes en bancos más o menos potente, plegados desigualmente, con dos unidades diferenciables; una inferior, con pliegues de mayor intensidad; y una superior, con pliegues más laxos y bancos más gruesos de arenisca (FONTBOTE, 1984). Todo el conjunto se presenta como una masa homogénea, con una respuesta uniforme ante la erosión (PUIGDEFABREGAS y GARCIA RUIZ, 1983), pudiendo diferenciarse tan solo formas menores de carácter morfoestructural, dentro del estilo definido como "acordeón" por BARRÈRE (1966).

Podemos diferenciar dentro de la unidad distintas formas ligadas a la estructura, pero en íntima relación con los agentes de modelado:

- Cumbres redondeadas y alomadas; constituyen las partes culminantes de la unidad a uno y otro lado del valle del Ara. Se caracterizan por la homogeneidad del modelado y las altitudes similares derivadas de procesos de erosión que han afectado a todo el conjunto.

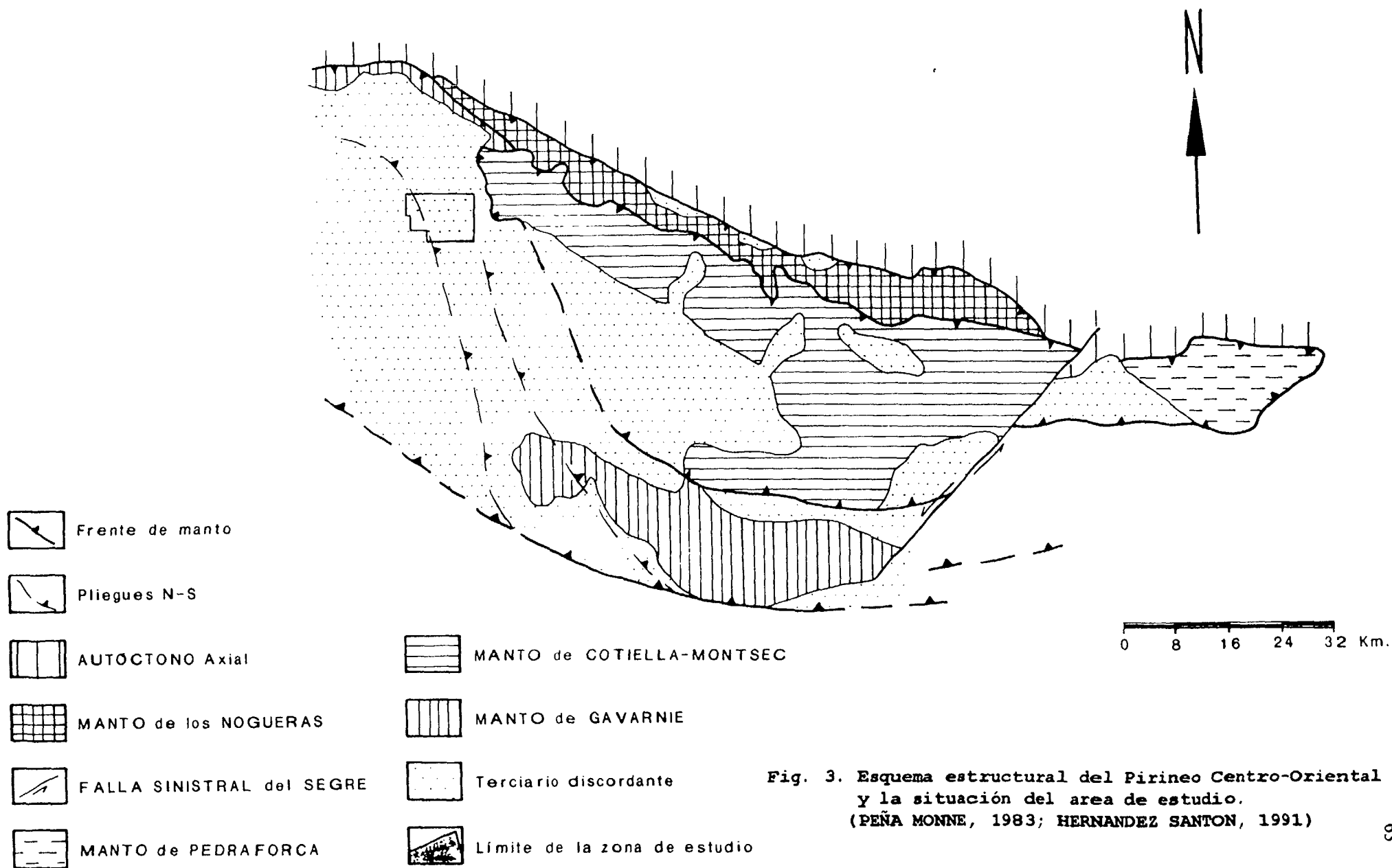


Fig. 3. Esquema estructural del Pirineo Centro-Oriental y la situación del área de estudio.
(PEÑA MONNE, 1983; HERNANDEZ SANTON, 1991)

- Vertiente de fuerte pendiente y escarpadas; constituyen el enlace entre las cumbres y los fondos de valle, por lo que están ligados que contrastan con la suavidad de cumbres e interfluvios.

EL CUATERNARIO

Las acumulaciones cuaternarias son, para nosotros, las que más interés despiertan y en las que centraremos nuestro estudio con posterioridad. Los procesos erosivos y sedimentológicos acaecidos a lo largo del Pleistoceno y Holoceno han sido lo suficientemente importantes como para determinar las características geomorfológicas de la Cuenca. Los materiales de este último período geológico se ubican siguiendo los cursos fluviales y, también, tapizando muchas laderas de la zona.

Distinguiremos entre:

Depósitos de terraza, conos y glacis situados en el fondo del valle, constituidos por cantos rodados procedentes de la erosión de los afloramientos recién comentados. La totalidad del sistema de terrazas tiene características fluviotorrenciales y típicamente fluviales (que será muy difícil su distinción) estando, pues, en dependencia directa con lo acontecido en la zona de cabecera, con un sistema morfoclimático diferente, y que en la zona de estudio son ya de carácter puramente fluvial.

Depósitos morrénicos. Revelan la importancia de la actividad glacial en el curso alto del río. El valle del Ara estuvo alimentado desde la vertiente oriental del macizo de Panticosa, Tendeñera, el Vignemale y, por medio del valle de Ordesa, desde el macizo de Monte Perdido, alcanzó notables dimensiones. El glaciar del Ara, con una potencia de más de 400 m. inmediatamente aguas abajo de la incorporación de Ordesa, fue dejando potentes morrenas laterales que alcanzan su mejor expresión en la confluencia con valles afluentes como Diazas, Furco, Buesa y Sarvisé.

Depósitos de ladera. Formados, en su mayoría, por canchales, grézes litèes, etc. muy bien desarrollados y que pueden ser funcionales o no; están formados por cantos sueltos o igualmente, los más antiguos, por cantos cementados.

III. ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS

III. ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS.

1. ELEMENTOS GENERALES DEL CLIMA.

En el siguiente capítulo hemos utilizado los datos de precipitaciones, temperaturas y caudales de los aforos de Torla, Broto, Fiscal, Boltaña y Ainsa, cedidos por la Confederación Hidrográfica del Ebro. Asi mismo, se han seguido las aportaciones climáticas e hidrológicas realizadas por CREUS, (1983) y GARCIA RUIZ, PUIGDEFABREGAS y CREUS (1985).

Como señala MAX SORRE (1949) "la originalidad climática de los Pirineos consiste menos en la distribución de las temperaturas que en la importancia y distribución de las lluvias. Ello se debe a su orientación con respecto a los centros atmosféricos, cuya acción determina los cambios de tiempo en Europa occidental".

Los vientos cargados de humedad debidos a la sucesión de las depresiones atlánticas son relativamente frecuentes en su parte septentrional. Por el contrario, la vertiente sur, aun durante la época en que el frente polar alcanza su posición más meridional, se halla bajo una gran dependencia del anticiclón de Azores. En consecuencia, los Pirineos presentan unos fuertes contrastes debidos principalmente a la exposición a los vientos lluviosos. Además de la oposición entre los matices dominados por la influencia atlántica que afecta a la parte occidental y los mecanismos de filiación mediterránea que actúan en la parte oriental, se añaden las características derivadas de la situación de abrigo, propias de la vertiente sur. A todo ello hay que añadir la proximidad de los efectos continentales peninsulares y los matices derivados de la altitud. Desde el punto de vista de la dinámica atmosférica, en el Alto Aragón se da una amplia convergencia de procesos, gracias a la confluencia de masas de aire con caracteres originales muy distintos, si bien parcialmente transformadas durante su recorrido y por la orografía local.

Centraremos el estudio en tres factores determinantes para la caracterización climática de la zona:

A) LA CIRCULACIÓN GENERAL. Existen factores que podríamos llamar extrínsecos y que condicionan fuertemente el clima de un lugar. Son los debidos al juego de las masas de aire que se desplazan, aportando calor, frío, humedad, etc. Entre los centros de acción que más afectan al Pirineo podemos destacar:

- las grandes depresiones del Atlántico,
- el anticiclón Atlántico y de Azores y
- el anticiclón Continental.

B) SITUACIÓN ENTRE DOS MARES. La proximidad de dos mares con regímenes térmicos muy diferentes influye en gran manera en el comportamiento climático altoaragonés. Sus distintas características dan origen a un contraste entre las masas de aire atlántico y mediterráneo, que permite el desencadenamiento de mecanismos frontales de origen y dirección casi meridional.

El Atlántico juega un papel regulador térmico y termodinámico, humedeciendo y recalentando las masas de aire secas y frías de origen septentrional. Su inercia térmica hace que durante la estación fría todavía conserve parte del calor almacenado durante la época estival, sucediendo lo contrario durante el verano. Ello da origen a una disimetría que se traduce en que los mínimos térmicos no aparecen hasta finales de invierno y los máximos hasta mediados de verano. En febrero presenta una disimetría de hasta 4 y 5 grados menos con respecto al Mediterráneo, alcanzando en agosto diferencias de hasta 7 y 8 grados (J. CREUS, 1983).

El Mediterráneo, mucho más pequeño, a menor latitud y su condición de mar cerrado, harán de él un mar mucho más cálido. Al igual que el Atlántico, también en él se dan cita toda la variedad de masas de aire externas y a veces, de origen muy lejano. Pero su mayor capacidad térmica será causa del desencadenamiento de un rápido frente o de homogeneización en pocos días con la masa autóctona. Así pues, el

Mediterráneo es a la vez cuenca donde permanecen estancadas las masas de aire y donde se elaboran las discontinuidades o frentes.

En este sentido, Mediterráneo y Atlántico, juegan un papel de zonas manantiales de distintas características térmicas y dinámicas que dan lugar a un enfrentamiento de masas de aire. Proceso especialmente frecuente cuando, la temperatura de sus aguas (y, por tanto, la masa de aire suprayacente) alcanza las mayores diferencias.

C) INTERFERENCIAS DEL RELIEVE. La dinámica atmosférica es modificada por los factores topográficos a través de una compleja influencia en la evolución y comportamiento de cada punto en concreto. En este sentido, la circulación regional es esencialmente una resultante del relieve pues su fragmentación está en razón directa con la variedad de condicionantes climáticos. Entre las modificaciones introducidas por la orografía en el Pirineo, señalaremos:

- Variaciones de presión con la altitud.
- Inversiones térmicas.
- Efectos foehn.
- Diferencias de exposición.
- Vientos encajonados, núcleos convectivos, fondos de valle y depresiones, etc., pueden completar los aspectos más generales impuestos por el relieve.

Todos estos fenómenos dan una fuerte heterogeneidad espacial que se interacciona con las propiedades de las grandes masas de aire; de tal forma que muchos de los fenómenos citados tienden a modificar de un modo especial el régimen general que domina sobre la zona en que se encuentra la región montañosa.

Por su topografía, la vertiente meridional de los Pirineos no escapa a estas modificaciones y, aunque el flujo del W que dirige el tiempo en Europa no evita los Pirineos, por efecto de barrera orográfica se crean a menudo situaciones de este tipo muchas veces no tenidas en cuenta (VIERS, 1973).

2. CARACTERISTICAS CLIMATICAS.

El estudio de los elementos del clima nos permite afirmar que el Alto Aragón se halla incluido en un área climática más amplia, caracterizada por acusados contrastes espaciales. La influencia mediterránea de matiz continental provoca en la parte más meridional un clima cálido y seco, mientras que en la parte septentrional, el predominio de masas de aire oceánicas condicionan un ambiente más fresco y húmedo.

Sus elevados relieves provocan importantes descensos de temperaturas responsables del rigor invernal, a la vez que un incremento de volumen de las precipitaciones que hacen disminuir, incluso desaparecer, los rasgos de aridez tan característicos de la mitad meridional de la provincia, al Sur de las Sierras Exteriores.

2.1. REGIMEN TERMICO.

Aunque aparentemente el estudio de las temperaturas presenta menor interés que el de las precipitaciones, lo cierto es que tiene indudables repercusiones hidrológicas. En este sentido conviene destacar el papel de la retención nival y el de la evaporación a través de la cual se pierden importantes volúmenes de agua.

Por su situación al abrigo de los Pirineos, y en consecuencia en clara exposición sur, la provincia de Huesca disfruta de temperaturas relativamente altas en aquellas zonas donde la influencia del relieve es mínima. A su vez, los matices derivados de su lejanía del mar, que se extienden por sus dos tercios meridionales son responsables de las elevadas temperaturas estivales y de los acusados descensos térmicos que pueden darse en cualquier época del año,

independientemente de que las máximas sean ya, de por sí, relativamente altas.

El gradiente general refleja las variaciones del relieve de manera que la temperatura disminuye se sur a norte en función de la altitud. A partir de su punto más meridional la temperatura desciende hacia los Pirineos a razón de $0,6^{\circ}\text{C}$ por cada 100 m. de incremento de altitud.

Este gradiente altitudinal es suave hasta el comienzo de las Sierras Exteriores, pues en toda la mitad meridional de la provincia las diferencias en la temperatura media anual apenas sobrepasan los 2°C . A partir de aquéllas la disminución es mucho más rápida debido a las bruscas variaciones del relieve, a excepción de la Depresión longitudinal de Yesa a Campo, donde la poca energía del relieve permite que los valores sean similares a los del Somontano. Al penetrar en las condiciones plenamente montañas los valores descienden rápidamente hasta alcanzar medias anuales, según la altitud, de tan sólo $10,03^{\circ}\text{C}$ en Benasque, $8,1^{\circ}\text{C}$ en Canfranc y $6,2^{\circ}\text{C}$ en Panticosa. Este gradiente de disminución permite adjudicar valores medios anuales de -4°C en las altas cumbres pirenaicas (GARCÍA RUIZ et al., 1985).

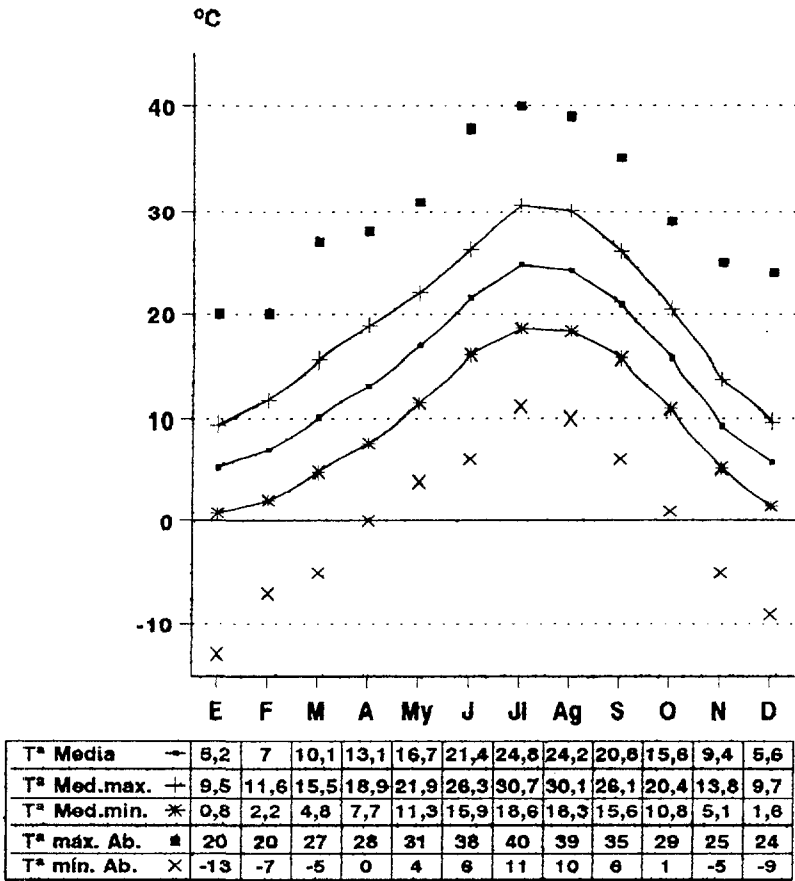
En su conjunto, el Pirineo constituye una unidad térmicamente fría que podría enmarcarse con la isoterma de $9,5^{\circ}\text{C}$, incluyendo no sólo la zona propiamente pirenaica, sino también el conjunto de las Sierras Exteriores, donde las condiciones climáticas también son de tipo montano. En esta zona las amplitudes diarias y anuales son inferiores a las del llano y siempre, por supuesto, con máximas más frescas y mínimas más severas.

Hacia los 1.200 m. de altitud son frecuentes temperaturas mínimas de -10°C , llegando a valores extremos de hasta -13°C . Hiela durante unos 130 días al año, de Octubre a Mayo, si bien durante estos dos meses las temperaturas por debajo de 0°C sólo suponen el 13 y 6% respectivamente de los días del mes. Del número total de días de helada, 34 registran valores inferiores a -5°C y se centran en los

meses de Diciembre, Enero y Febrero. Hay que hacer notar que estos valores han sido tomados de modo convencional (a 1.5 m. del suelo, en garita, etc...) sin embargo, a nivel morfogenético y sobre la superficie del suelo y sin ningún tipo de protección, el número de heladas anual se elevarían y también su intensidad, tal y como ha sido advertido en otra zona de montaña del interior de la Península (FERNANDEZ y GONZALEZ, 1984). Tan sólo de Junio a Septiembre se dan valores máximos superiores a 25°C con un promedio de 25 días durante esta época. En esta cota, la oscilación media extrema anual es del orden de los 30°C.

Estas condiciones térmicas van enfriándose progresivamente, de modo que hacia los 1.600 m. son frecuentes mínimas diarias de -13°C y valores extremos de hasta -17°C. Hiela durante unos 145 días de un período que va de Octubre a Junio, si bien a este último mes únicamente le afecta el 3% de sus días. Durante 48 días el termómetro desciende por debajo de -5°C, provocando fuertes heladas que empiezan a ser notorias a partir de Noviembre y duran hasta Abril, con posibilidad de prolongarse hasta Mayo de forma esporádica (de nuevo hay que señalar que son datos climáticos con moderado valor morfogenético). Durante la época invernal más fría (Diciembre a Marzo) la isoterma de 0°C se sitúa a 1.670 de altitud en la cuenca del Ara y a 1.603 m. en la cuenca del Cinca. Las máximas absolutas rara vez alcanzan los 23°C y tan sólo 8 días al año (repartidos en los meses de Junio, Julio y Agosto) rebasan los 25°C de máxima. Este descenso de las temperaturas implica una reducción de la amplitud media extrema anual, de manera que a esa altitud es de unos 25°C (media de máximas de 20,5°C en Junio y media de mínimas de -4,5°C en Enero).

Dentro de esta gradación altitudinal de la zona montana, las condiciones medias, hasta ahora descritas, presentan matices muy significativos según se trate de los valles occidentales (Aragón y Gállego), o de los orientales (Ara, Cinca y de forma más acusada en el Esera y Noguera Ribagorzana). Los primeros disfrutan de un ambiente más termorregulador como consecuencia de la mayor humedad atmosférica



Período: 1967-87

Fig. 4 . Características térmicas de la estación de Boltaña.

Estación : Boltaña Longitud = 3°45' E
Período: 1955-86 Latitud = 42°26' N
Altitud: 643 m.

	T° Media	T° Med. Máx.	T° Med. Min.	T° Max. Abs.	T° Min. Abs.
Enero	5,20	9,47	0,85	20	-13
Febrero	7,00	11,56	2,17	20	-7
Marzo	10,10	15,53	4,80	27	-5
Abril	13,10	18,86	7,75	28	0
Mayo	16,70	21,91	11,34	31	4
Junio	21,40	26,33	15,96	38	6
Julio	24,80	30,66	18,55	40	11
Agosto	24,20	30,07	18,26	39	10
Septiembre	20,80	26,12	15,61	35	6
Octubre	15,60	20,41	10,80	29	1
Noviembre	9,40	13,84	5,10	25	-5
Diciembre	5,60	9,71	1,56	24	-9

Tabla 1 . Temperaturas Medias de la estación de Boltaña

debida a la influencia oceánica; por el contrario, en la parte oriental (en la que se incluye nuestro estudio) las amplitudes térmicas se incrementan y el grado de "continentalidad" se acentúa al amortiguarse la influencia atlántica. De tal modo que, a igual altitud, hacia el E. el calor es más intenso y los descensos de temperaturas más frecuentes. La caracterización térmica de esta zona y concretamente del bajo valle del Ara, se ha realizado a partir de los datos suministrados por el observatorio meteorológico de Boltaña y queda reflejada en la Fig.4.

Al sur del todo el sistema pirenaico y sus estribaciones las condiciones montañas desaparecen, como lo prueba la reducción de los fuertes descensos térmicos y el incremento de las temperaturas máximas. Factor que, unido a la característica sequedad del aire de la cubeta del Ebro, provoca evaporaciones potencialmente muy elevadas, si bien la evapotranspiración real queda disminuida debido a la insuficiencia de agua para evaporar.

Debemos señalar que debido a los fenómenos de inversión térmica, pueden darse mínimas más frías en Aínsa que en Torla ó Broto, pues la acumulación de aire frío en el fondo del valle del Ara crea esta anomalía térmica altitudinal.

El calor estival no se prolonga más allá de finales de septiembre, momento en que las primeras lluvias otoñales comienzan a refrescar la atmósfera. La temperatura media llega a descender hasta 6° C de Septiembre a Octubre y similar valor de Octubre a Noviembre, de manera que en ninguna otra época del año se produce una variación tan rápida de la temperatura (Fig.4). Disminución térmica asociada a una reducción de la evaporación que además coincide con la irrupción de las tormentas otoñales (Tabla de E.T.P. 2 y 3).

2.2. REGIMEN PLUVIOMETRICO.

Si la distribución espacial de la temperatura media, es altamente significativa al señalar claras diferencias entre zonas altitudinalmente distintas; (llano y la montaña) tanto más ocurre con las precipitaciones, ya que la compartimentación del relieve y las diferentes exposiciones provocan una gran variabilidad espacial en los totales anuales.

Esta variación de las precipitaciones dista mucho de ser regular en todo el Alto Aragón. En algunas áreas se justifican por la altitud y en consecuencia obedecen a un gradiente de norte a sur, como ocurre en la cuenca del Ara; así mientras Boltaña, a 643 m. de altura, registra una precipitación media anual de 1051,3 mm., en Torla, a 1053 m., se da una media de 1366,7 mm (Tablas 2 y 3). En otras cuencas, como las de los ríos Aragón y Gállego, intervienen además el factor exposición a los vientos húmedos del Atlántico; influencia que en la cuenca del Ara llega muy amortiguada.

En la parte oriental de la provincia predominan las cuencas de dirección norte-sur, cuyos interfluvios actúan a modo de abrigos topográficos que van creando sucesivas sombras de lluvia. En este sentido el interfluvio Gállego-Ara constituye una importante barrera pluviométrica. Esta especial disposición del relieve permite diferenciar dos grandes unidades en la mitad septentrional de la provincia de Huesca: la occidental, caracterizada por un claro dominio de las lluvias oceánicas, y la oriental, en la que se encuentra la cuenca del Ara, con acusados matices mediterráneos y precipitaciones de tipo equinoccial.

En todo el sector pirenaico, a pesar de que las masas de aire llegan parcialmente disminuidas de humedad, los importantes relieves acentúan el efecto orográfico de forma que se alcanzan con cierta facilidad el grado de saturación. Incluso en el sector oriental, donde el volumen de precipitación anual es menor, se registran totales anuales superiores a los 2.200 mm., siempre que se alcancen los 2.300-

Estación : Torla
 Período: 1955-86
 Altitud: 1.053 m.

Longitud = 3°34' E
 Latitud = 42°37' N

	Pp. Media	% Pp. Mensual	ETP Thom
Enero	124,40	9,10	9,60
Febrero	111,20	8,14	11,90
Marzo	112,20	8,21	20,30
Abril	105,80	7,74	37,70
Mayo	120,70	8,83	66,60
Junio	111,00	8,12	92,80
Julio	65,90	4,82	116,00
Agosto	86,90	6,36	106,00
Septiembre	109,70	8,03	75,60
Octubre	130,10	9,52	45,00
Noviembre	155,70	11,39	21,10
Diciembre	133,10	9,74	5,80
Total	1366,70		608,50

Tabla 2 . Precipitación media, porcentaje de precipitaciones mensuales y evapotranspiración.

Estación : Boltaña
 Período: 1955-86
 Altitud: 643 m.

Longitud = 3°45' E
 Latitud = 42°26' N

	Pp. Media	% Pp. Mensual	ETP Thom
Enero	74,20	7,06	9,32
Febrero	78,70	7,46	16,20
Marzo	79,10	7,52	31,26
Abril	82,80	7,88	51,35
Mayo	105,40	10,03	80,68
Junio	93,40	4,89	121,99
Julio	56,40	5,37	149,82
Agosto	77,80	7,40	135,01
Septiembre	100,70	9,58	97,25
Octubre	103,60	9,86	56,44
Noviembre	109,90	10,45	23,53
Diciembre	89,20	8,49	10,15
Total	1051,20		783,00

Tabla 3 . Precipitación media, porcentaje de precipitaciones mensuales y evapotranspiración.

2.400 m. de altitud. Por el contrario en el fondo de los valles, y en consecuencia en altitudes inferiores las precipitaciones bajan ostensiblemente:

	<u>Altitud</u>	<u>Precipitación</u>
Torla	1.050 m.	1.366,7 mm.
Broto	905 m	1.190,6 mm.
Boltaña	634 m.	1.051 mm.
Aínsa	504 m.	987 mm.

A estas variaciones generales hay que añadir otras más concretas y localizadas que obedecen a factores topográficos locales que hacen que la distribución espacial de la precipitaciones sea todavía menos uniforme. Son las anteriormente mencionadas sombras de lluvia, debidas a la presencia de algún importante relieve que se opone a la penetración de las precipitaciones (caso de la Sierra de Tendeñera) o a amplias depresiones donde los viento húmedos no encuentran obstáculos topográficos que no sea su periferia para provocar la condensación (caso de la Depresión Media en Berdún), etc.

Globalmente las precipitaciones van disminuyendo conforme lo hace la altitud, de manera que al sur de los relieves pirenaicos las precipitaciones rara vez alcanzan los 1.000 mm. anuales. Inmediatamente al sur, las Sierras Exteriores vuelven a ser importantes núcleos de precipitación con valores cercanos a los 1.200-1.300 mm. anuales en la línea de cumbres, llegando incluso a los 1.500 en la Sierra de Guara.

En síntesis, las características térmicas del valle del Ara no son muy diferentes a las que ofrece el sector pirenaico centro oriental como refleja la distribución estacional de las precipitaciones. Existe un máximo principal en otoño y otro secundario en primavera; a ello hay que añadir los acusados matices "continentales" que se traducen en un incremento considerable de las precipitaciones estivales, generalmente producidas por fenómenos convectivos. Tal circunstancia hace que el verano ostente el mínimo

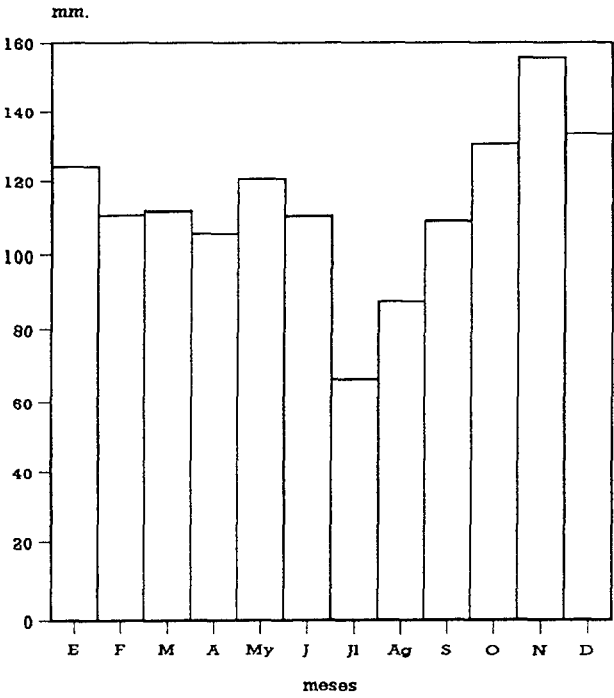
secundario, con precipitación superior a la invernal. El máximo pluviométrico otoñal, seguido del primaveral, divide al año en dos épocas húmedas y dos secas, si bien los términos de sequía invernal y estival son muy relativos; mientras la primera coincide con la época fría y además disfruta de un mayor número de días de precipitación (a menudo en forma de nieve según la altitud), la estival es mucho más acusada por coincidir con la época de máxima evaporación y con un menor número de días de lluvia a pesar de que el volumen de la misma es superior a la invernal.

La parte más meridional de nuestra zona de estudio viene definida por un régimen mediterráneo con máximos equinocciales y de matiz interiorizado, con importancia relativa de las precipitaciones estivales, cuyas diferencias respecto a la zona más septentrional derivan de la mayor incidencia de las precipitaciones primaverales, frente a las otoñales.

En cuanto a la distribución de las precipitaciones a lo largo del año (Fig 5), hay que señalar un máximo otoñal muy poco marcado, destacando el mes de noviembre como el más húmedo de los observatorios analizados: Torla con 155,7 mm. de media (11,4% de la precipitación anual) y Boltaña con 109,9 mm. (10%).

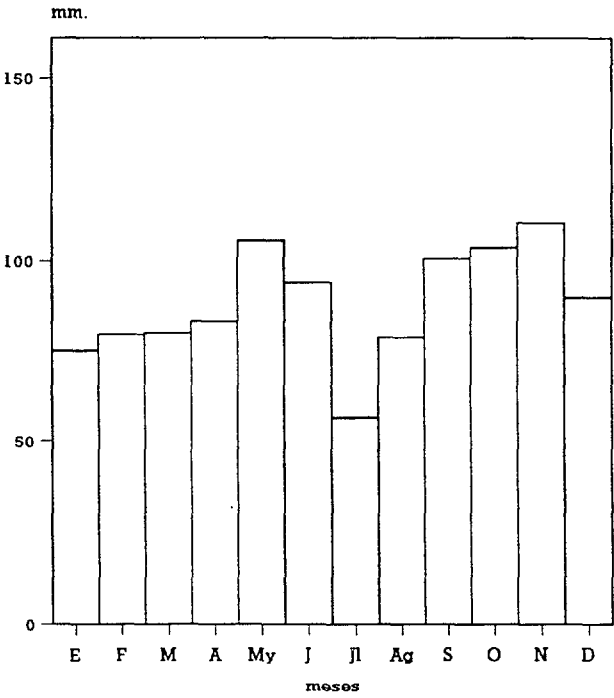
La distribución anual de las precipitaciones en una zona de montaña, impide hablar de la existencia de una estación seca; tan sólo cabe señalar el mes de Julio como el mes más seco del año con 65,9 y 56,4 mm. de media en Torla y Boltaña respectivamente, valores que relacionados con las temperaturas en el climodiagrama de Walter-Gausson (Fig 6) indican la ausencia de meses secos en este área. Sin embargo, si se produce un déficit de las aportaciones pluviométricas durante estos meses, al coincidir las mínimas precipitaciones con las temperaturas más altas; ello hace que los valores de la evapotranspiración potencial sean los más elevados del año y superiores a las precipitaciones. En ambas estaciones los meses deficitarios son los estivales:

Precipitaciones mensuales
TORLA



Período: 1955-86

Precipitaciones mensuales
BOLTAÑA



Período: 1955-86

Fig. 5 . Distribución mensual de las precipitaciones

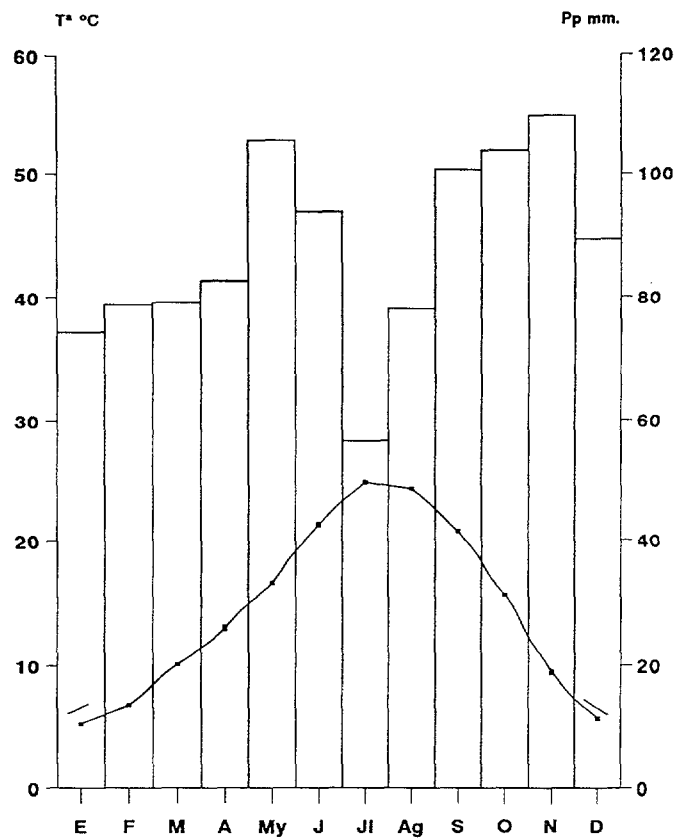


Fig. 6 Climodiagrama de Walter-Gaussen.

	Boltaña	Torla
Enero D. Lluvia	6,35	4,62
D. Nieve	1,77	4,48
Febrero D. Lluvia	6,19	5,17
D. Nieve	1,84	4,55
Marzo D. Lluvia	1,87	6,97
D. Nieve	0,74	2,33
Abril D. Lluvia	8,47	8,14
D. Nieve	0,20	1,27
Mayo D. Lluvia	11,45	10,07
D. Nieve	0,03	0,24
Junio D. Lluvia	9,87	9,97
D. Nieve	0,00	0,00
Julio D. Lluvia	7,16	6,21
D. Nieve	0,00	0,00
Agosto D. Lluvia	7,06	8,14
D. Nieve	0,00	0,03
Septiembre D. Lluvia	7,63	8,07
D. Nieve	0,00	0,00
Octubre D. Lluvia	7,68	8,59
D. Nieve	0,06	0,86
Noviembre D. Lluvia	7,00	6,59
D. Nieve	0,48	1,34
Diciembre D. Lluvia	6,84	5,82
D. Nieve	1,23	3,45
Total	99,95	106,91

Tabla 4 . Dias de lluvia y nieve en las estaciones de Boltaña y Torla.

	TORLA		BOLTAÑA	
	Pp. (mm.)	E.T.P. (mm.)	Pp. (mm.)	E.T.P. (mm.)
Junio	111,0	92,8	93,0	122,0
Julio	65,9	116,0	56,4	149,8
Agosto	86,9	106,0	77,8	135,0

Tabla 5 . Distribución de precipitaciones y evapotranspiración durante los meses de Junio, Julio y Agosto.

En cualquier caso, las reservas acumuladas en el suelo durante el resto del año impiden de nuevo hablar de déficit de agua.

En el cuadro adjunto se presenta el número de días de precipitaciones en forma líquida y de nieve en las estaciones analizadas. Esta última tendrá gran importancia en el régimen hidrológico del Ara en tanto que constituye una reserva y un aumento importante del caudal en la época de deshielo.

3. EL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO.

En su conjunto, todo el sector pirenaico -y en menor grado el prepirenaico- constituye la principal zona de alimentación de los ríos, no sólo por el volumen de agua precipitada, sino también por su distribución a lo largo del año. Como ya hemos visto, durante la época estival, aunque descienden los caudales, las precipitaciones son lo suficientemente importantes como para alimentar la esorrentía fluvial.

3.1. EVALUACIÓN DE LAS APORTACIONES ANUALES.

El río Ara a su paso por Boltaña -prácticamente en la desembocadura con el Cinca- lleva un volumen de 681,52 Hm³ para el periodo 1966-73, lo cual significa un caudal medio anual o modulo de 21,6 m³ y 34,5 L./sg.km². La irregularidad interanual es bastante grande (30,6%). Para el período 1944-1993, la aportación máxima se da en 1959-60 con 1.220 Hm³, mientras la mínima se da en 1971-72, con 266,3 Hm³ (Fig 7). En importancia sólo se ve superado dentro de la provincia de Huesca por el río Aragón, el Gállego y el Cinca.

Más cortas son las series de Torla, Fiscal y Jánovas, a pesar de lo cual ayudan a comprender la evolución de caudal desde cabecera. En Torla aporta 269,08 Hm³, con un módulo de 8,5 m³/sg. y 47,4 L./sg./Km² de caudal relativo, cifra esta última muy superior a la de cualquier estación de aforo provincial, lo que confirma el papel condensador del macizo de Monte Perdido-Marboré. Aguas abajo el caudal específico disminuye aunque sigue manteniéndose por encima de la tónica general para cuencas de dimensiones similares. En Fiscal, la aportación ha subido ya a 453,09 Hm³ (14,3 m³/sg. y 33,8 L./sg./km²), mientras que en Jánovas la cifra resultante -sólo válida si se considera de forma orientativa-, es casi similar a la de Boltaña, lo que no deja de ser lógico por la proximidad de ambos aforos.

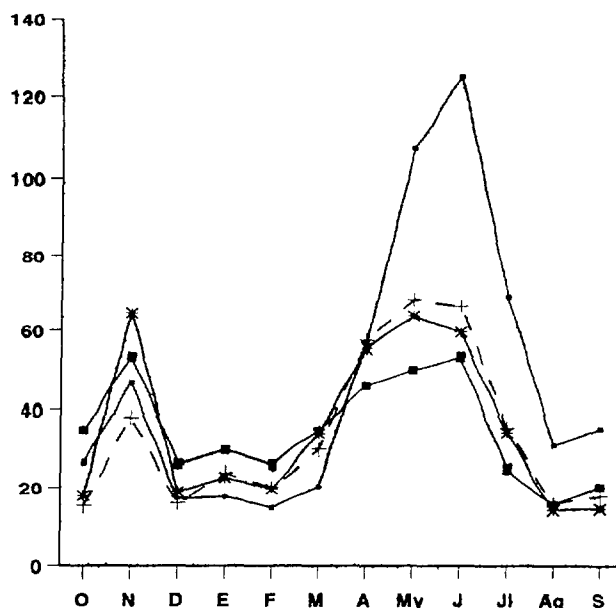
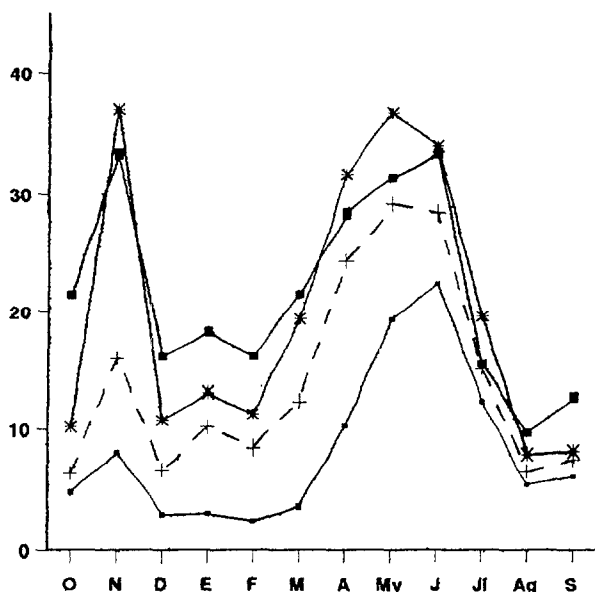
CAUDAL ABSOLUTO Río ARA

CAUDAL RELATIVO Río ARA

85

m3/seg

l/km2/seg.

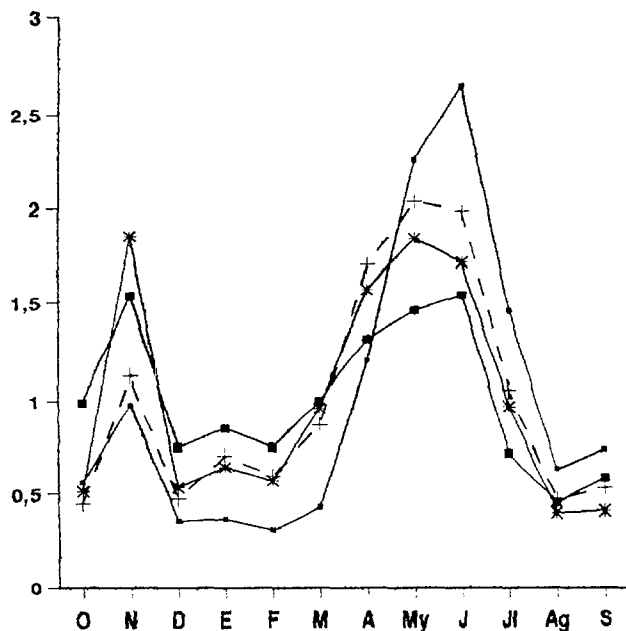


Torla	→	4,8	8,3	3,1	3,2	2,8	3,7	10,3	19,3	22,6	12,5	5,5	6,3
Fiscal	+	6,5	16,1	8,9	10,2	8,6	12,5	24,4	29,2	28,5	15,1	6,7	7,7
Jánovas	*	10,2	37,3	10,8	13,2	11,4	19,4	31,9	37	34	19,6	8,1	8,3
Boltaña	■	21,6	33,5	16,3	18,3	18,3	21,7	28,5	31,6	33,5	15,6	9,7	12,8

Torla	→	26,6	46,4	17,2	17,7	14,8	20,6	57,1	107,1	125,6	69,4	30,5	35,2
Fiscal	+	16,2	38	15,9	24,1	20,3	29,4	57,5	68,8	67,1	35,4	15,8	18
Jánovas	*	17,8	65	19	23	19,9	33,7	55,5	64,4	59,8	34,1	14,1	14,4
Boltaña	■	34,5	53,5	26,1	29,3	26	34,6	45,6	50,2	53,5	25	15,6	20,5

meses COEFICIENTE DE CAUDAL. Río Ara

meses VARIABILIDAD INTERANUAL DE LOS CAUDALES Río Ara en BOLTAÑA



Torla	→	0,56	0,98	0,36	0,37	0,31	0,43	1,2	2,26	2,65	1,46	0,64	0,74
Fiscal	+	0,45	1,12	0,47	0,71	0,6	0,87	1,7	2,03	1,98	1,05	0,47	0,53
Jánovas	*	0,51	1,85	0,53	0,65	0,57	0,96	1,58	1,84	1,71	0,97	0,4	0,41
Boltaña	■	0,89	1,54	0,75	0,85	0,75	1	1,32	1,46	1,55	0,72	0,45	0,59

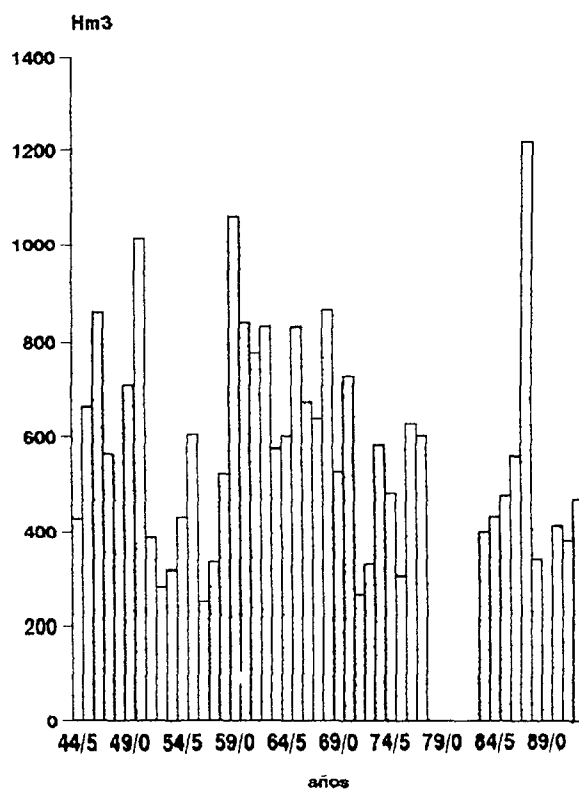


Fig. 7 . Características hidrológicas de las aguas del río Ara

En la figura 7 aparece representada la evolución de los caudales absolutos, relativos y el coeficiente de caudal a lo largo de la cuenca, lo que nos aporta información sobre algunos de sus aspectos evolutivos. Así, llama la atención en primer lugar, la pérdida de caudal relativo desde su cabecera hasta la desembocadura, aspecto que se hace especialmente patente durante los meses primaverales. En segundo lugar y respecto al caudal absoluto, cabe reseñar el gran volumen de agua que el río Ara lleva a su paso por Jánovas, frente al acusado descenso que en algunos meses (Abril, Mayo, Julio y Noviembre) se produce agua abajo, en el aforo de Boltaña; esta pérdida de agua obedece a la desviación de agua para regar los cereales y arboles frutales, especialmente en primavera.

El Cinca por su parte, dispone de una estación en Aínsa que puede servir para comparar con el río Ara a su paso por Boltaña. En Aínsa el río Cinca ha cubierto 834,7 km² de su cuenca y lleva, para un período similar al de Boltaña, un total de 1.043,5 Hm³ (33,08 m³/sg. y 39,6 L./sg./Km²). La comparación resulta favorable al Cinca cuyo caudal específico es superior, demostrando la mayor entidad de este río. Este fenómeno puede explicarse por el hecho de que el Ara drena muchos territorios solanos, con una evapotranspiración superior, mientras que el Cinca viene de la umbría de Monte Perdido y engloba además el macizo de Cotiella. Asimismo, conviene señalar que el coeficiente de variación interanual es muy inferior en Aínsa (21,1%) que en Boltaña (30,60%).

La distribución temporal del caudal de los ríos Ara y Cinca manifiesta la presencia de unos regímenes fluviales de un marcado carácter nivo-pluvial. Podemos contemplar dos épocas diferenciadas ligadas, cada una de ellas, a dos momentos de máximos y mínimos (HERNÁNDEZ, 1991) (Fig 8).

Máximo principal: la tendencia ascendente del caudal comienza a darse en el mes de Marzo con las primeras lluvias primaverales aumentando, poco a poco, en Abril y Mayo, hasta que en Junio se

registra el mayor caudal del año, $59,2 \text{ m}^3/\text{sg.}$ en el Cinca y $30,1 \text{ m}^3/\text{sg.}$ en el Ara; ello refleja, no tanto la importancia de las precipitaciones sino la relevancia del deshielo en cabecera o fusión nival, más tardía en la cuenca de Cinca que en la del Ara. Este fenómeno se aprecia perfectamente en la figura 9, confirmando que Junio es el mes en el que el módulo se ve más amplicamente marcado.

Máximo secundario: a partir de mediados de Agosto las lluvias vuelven a cobrar importancia; los siguientes caudales destacados se dan en Octubre en el río Cinca $34,5 \text{ m}^3$ y en Noviembre en el río Ara $17,1 \text{ m}^3/\text{sg.}$ insinuado así, el carácter continental de aquella cuenca.

Mínimo principal: mientras que en el Cinca el momento de aguas bajas tiene lugar en los meses invernales, $20,5 \text{ m}^3/\text{sg.}$ en diciembre, en el río Ara este descenso en el nivel del agua se produce en agosto, $7,8 \text{ m}^3/\text{sg.}$ dejando ver la falta de lluvias tanto en este mes como en julio.

Mínimo secundario: derivado de la distribución anterior, los mínimos siguientes se observan en Agosto con $21,2 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y durante el último mes del año, $13 \text{ m}^3/\text{sg.}$ La cuenca del Cinca, con mayor carácter "continental", registra intensas precipitaciones en la época estival como consecuencia, posiblemente, de la fuerte y frecuente actividad tormentosa. La cuenca del Ara, con algunos matices oceánicos posee este carácter húmedo hasta Noviembre mientras que, como acabamos de ver, tiene su momento más seco durante el verano.

Hay que señalar que los meses de Mayo, Junio, Octubre, Noviembre, suelen estar marcados por la existencia de grandes avenidas e inundaciones que constituyen el principal agente dinámico capaz de determinar la evolución morfológica del lecho fluvial y de reactivar los procesos erosivos-acumulativos de las barras y terrazas fluviales.

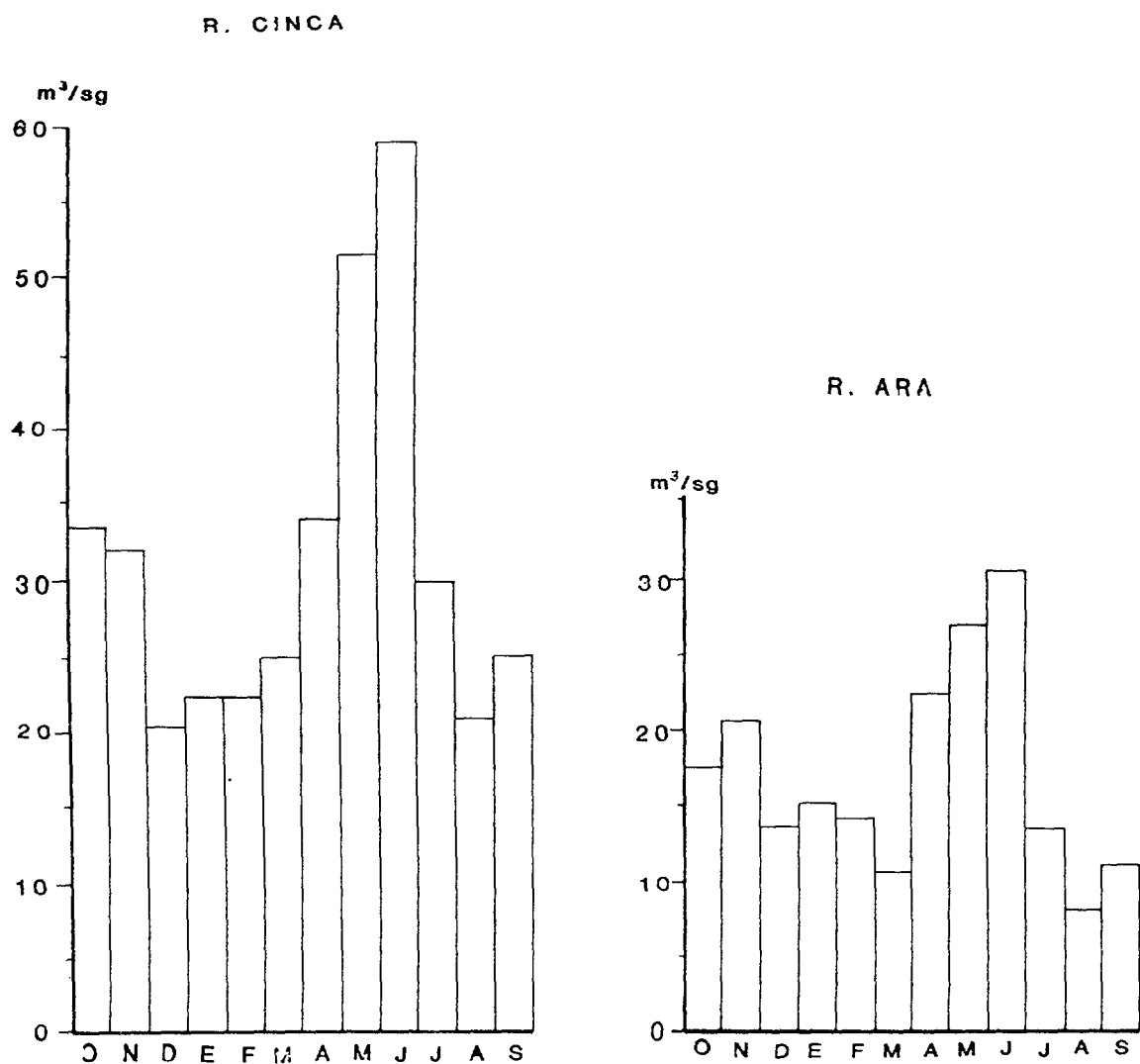
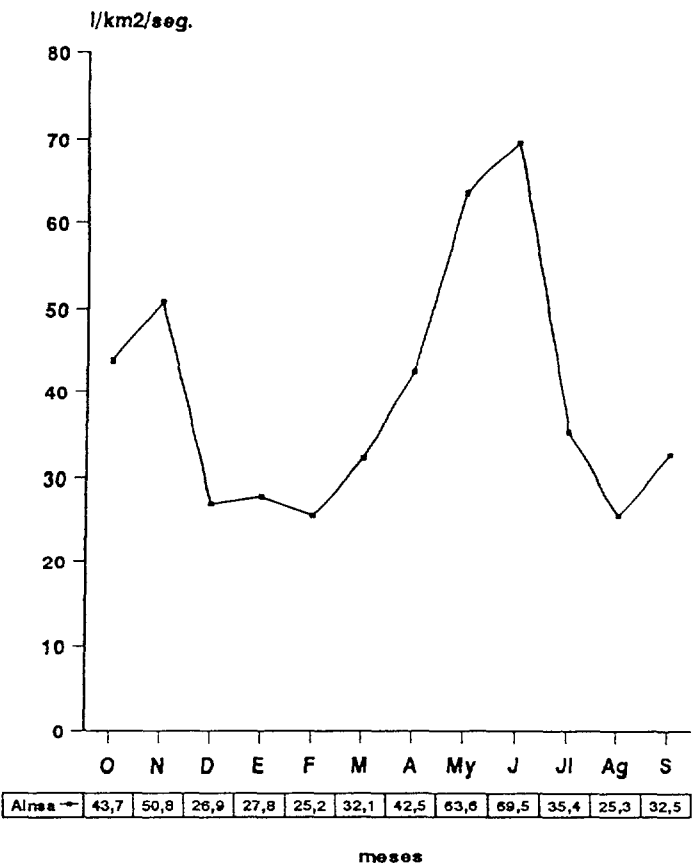
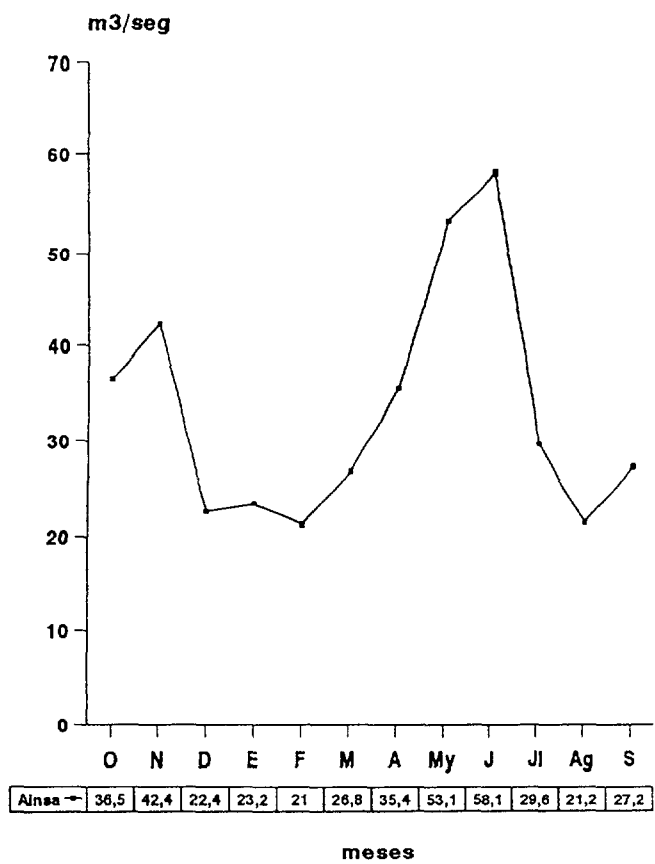


Fig. 8 . Régimen hidrológico de los ríos Cinca (1958-1980)
y Ara (1952-1982) (Hernandez, 1991)

CAUDAL ABSOLUTO
Río CINCA

CAUDAL RELATIVO
Río CINCA



COEFICIENTE DE CAUDAL.
Río CINCA

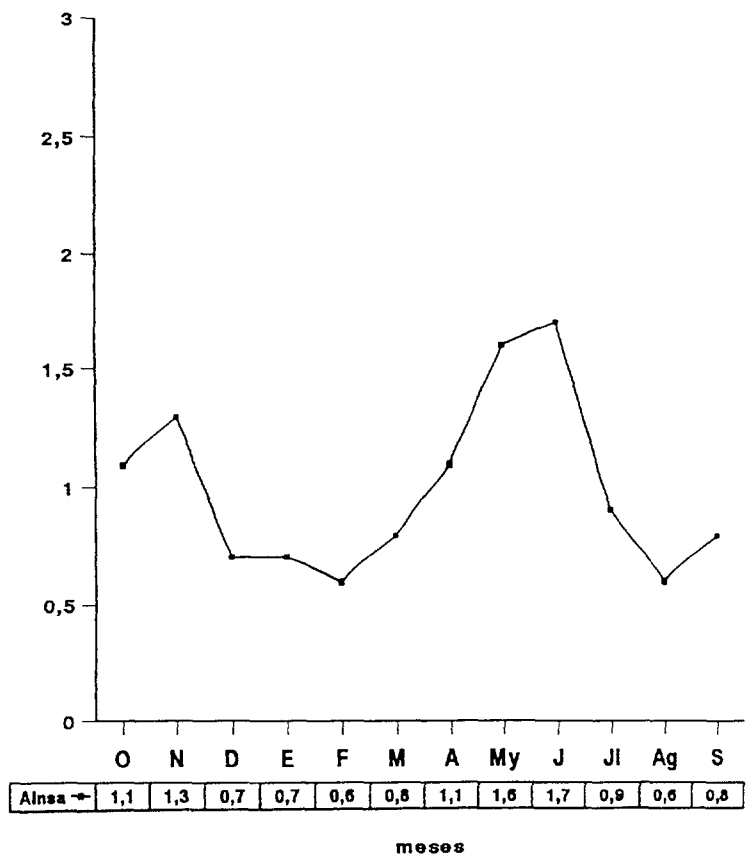


Fig. 9 . Características hidrológicas de las aguas del río Cinca en Aínsa

3.2. .EVALUACION DE LAS ESCORRENTIAS MENSUALES

La distribución de la escorrentía mensual responde a unos factores que se combinan de forma compleja (para dar lugar a lo que llamamos regímenes fluviales. Tales factores son:

- a) Distribución de las precipitaciones.
- b) Importancia del volumen de nieve acumulado en las cabeceras y características de su fusión.
- c) Capacidad de la cuenca para almacenar agua durante la estación húmeda, factor íntimamente ligado a la litología.

Lo esencial de la distribución mensual del caudal del río Ara se encuentra explicado por los dos primeros, reflejando el modelo de retención-fusión nival que caracteriza a las cabeceras de los ríos pirenaicos.

A continuación pasamos a comentar, de forma más detallada, la distribución de las escorrentías mensuales en los tramos, a nuestro juicio más significativos, como son la cabecera y la desembocadura con el río Cinca; (terminando con un pequeño resumen en el que se aportan las diferencias más significativas de los dos ríos).

En la estación de Torla, el río Ara ha recogido ya las aguas del valle de Bujaruelo y del río Arazas (vertiente meridional del Macizo de Monte Perdido-Marboré). Como en casi todos los afluentes, Noviembre representa un importante incremento con respecto a los caudales de verano, con 8,35 m³/sg. y 26,63 Hm³. Téngase en cuenta que las precipitaciones, que alcanzan su mínimo en Julio, van recuperándose progresivamente hasta hacer de Noviembre el primer mes en volumen total de lluvias. Sin embargo, el esquema hidrológico sigue por derroteros distintos (Fig. del coeficiente del caudal); en diciembre el caudal baja a casi una tercera parte de la media anual (3,10 m³/sg. y 8,31 Hm³), continuando con aportaciones parecidas hasta el mes de Marzo inclusive.

La acumulación de nieve por encima de 1.600 m. de altitud es responsable directo de este proceso, lo que origina la aparición de importantes déficits y bajísimos coeficiente de escorrentía (0,20 en Diciembre, 0,18 en Febrero. El déficit es, sin embargo, mínimo en Abril, mes en el que el coeficiente de escorrentía puede considerarse normal. En Abril, el caudal ($10,3 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $26,6 \text{ Hm}^3$) rebasa ya el módulo y se anuncian los altos volúmenes primaverales, con el comienzo de la fusión nival en las solanas situadas entre 1.600 y 1.800 m. En Mayo el caudal es ya superior al doble de la media anual, con $19,3 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $51,64 \text{ Hm}^3$, coeficientes de caudal que llegan a 2,26 del módulo de cabecera, alcanzándose el máximo en Junio, un mes más tarde que en los valles occidentales. En este último mes la aportación del río Ara en Torla es de $58,6 \text{ Hm}^3$. En Julio el nivel de precipitaciones ha descendido algo, pero el caudal aún está muy por encima de la media (coeficientes de caudal: 2,65, 1,98, 1,71 y 1,55 en los aforos de Torla, Fiscal, Jánovas y Boltaña respectivamente.).

Desde Mayo hasta Julio el balance hidrológico presenta un claro superávit, con una escorrentía que en Junio y Julio es superior al doble de las precipitaciones. En Agosto, por otra parte, el déficit es relativamente pequeño, inferior al de Abril, pudiendo hablarse ya de aguas bajas. Con todo, el estiaje no es muy marcado (en Agosto, una aportación de $14,7 \text{ Hm}^3$, y en septiembre de $16,4 \text{ Hm}^3$), porque en verano son frecuentes las tormentas y por encima de 2.800 m. se conservan importantes neveros que van fundiendo lentamente.

Por otra parte, el río Arazas y parte del Ara incluyen un gran macizo calcáreo que al comportarse karsticamente infiltran gran parte del agua; por ello algunos ríos subterráneos circulan a gran velocidad por las zonas altamente tectonizadas y fisuradas, pero existe, también, una circulación lenta que funciona como reserva de cara a los meses estivales. Lo cierto es que -sin duda debido al progresivo agotamiento de los neveros conforme avanza el verano- el estiaje se prolonga hasta Octubre, a pesar de que se han aumentado ya las precipitaciones. Así pues, nos encontramos ante un río que a la

altura de Torla posee un régimen nival prácticamente puro, con máximo en Junio, seguido de Mayo y Julio.

A la altura de Boltaña la cuenca del Ara se caracteriza por presentar en conjunto un máximo de precipitaciones en otoño, con lluvias más abundantes en Noviembre, un ligero mínimo secundario en Enero, nuevo incremento entre Marzo y Junio y mínimo principal en verano, especialmente en Julio. En este esquema, el río Ara refleja especialmente las lluvias de otoño, pues Noviembre señala la aparición de un máximo muy importante ($33,48 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $86,77 \text{ Hm}^3$), equiparable a las aguas altas de primavera. Hay que tener en cuenta que el tramo alto de la cuenca del Ara está ampliamente abierto al Sur, lo que favorece la penetración de las influencias otoñales; de la misma forma, estas últimas afectan de lleno al sector meridional de la cuenca, ya claramente prepirenaico.

En Diciembre se produce el típico mínimo invernal por la retención nival, pero aquí se manifiesta sólo ligeramente pues Enero aporta $49,09 \text{ Hm}^3$, con un caudal medio de $18,33 \text{ m}^3/\text{sg.}$ Las precipitaciones líquidas y la fusión inmediata de la nieve en las parte bajas de la cuenca son responsables de este fenómeno. Todo ello queda reflejado en los balances hidrológicos de Diciembre a Marzo, con importantes déficits, aunque los coeficientes de escorrentía no están muy alejados del anual, pues la nieve retenida en la parte alta de la montaña sólo representa ya un 16% del total de las precipitaciones. Esos déficits disminuyen en Abril y son próximos a cero en Mayo, Junio y Julio, época de la fusión nival. Se da la circunstancia, que en el Alto Aragón es conocida con el nombre de "mayenco", la crecida primaveral de fusión nival por su coincidencia con el mes de Mayo. Interesa señalar que aunque las lluvias de primavera son sensiblemente inferiores a las de otoño, el caudal de Mayo ($31,6 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $84,7 \text{ Hm}^3$) es similar al de Noviembre.

La presencia de neveros en la parte alta de la cuenca permite el mantenimiento de un caudal todavía importante en verano (en Agosto $9,7 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $26,1 \text{ Hm}^3$), pese a lo cual, y como es lógico, los déficits

de escorrentía aumentan en Agosto, y sobre todo en Septiembre, debido a que el incremento de precipitaciones en este último mes se destina a rellenar los acuíferos.

A la altura del aforo de Aínsa, el régimen de precipitaciones caídas en la cuenca del Cinca es relativamente similar al Ara hasta Boltaña. Sin embargo, destaca el hecho de que el máximo de Noviembre - que aquí sigue siendo el principal- no es tan acentuado como en el Ara; que el mínimo invernal es mucho más acusado, hasta convertirse en el mínimo principal; y que el verano no es ni mucho menos una estación de precipitaciones escasas, pues sólo Julio ve descender notablemente la cantidad de agua caída. Estamos, pues, ante una curva de precipitaciones con marcada tendencia "continental", matizada por un recrudecimiento de la actividad frontal en otoño.

En resumen, el río Ara y Cinca se diferencian -aparte del volumen de agua aportado por cada río, favorable al segundo- en que el Ara posee un caudal de noviembre muy elevado y unas aguas primaverales inferiores a las esperadas, mientras en el Cinca los caudales de Mayo y Junio se destacan claramente del resto; además, los estiajes son menos profundos en el Cinca que en el Ara. El retraso de los máximos hasta Junio se debe en gran parte a que la fusión nival es más tardía en estos valles centrales que en los occidentales por mayor tendencia continental. No obstante, influyen también las lluvias de finales de primavera, bastante abundantes tanto en el Cinca como en el Ara. Ambos ríos parecen tender más hacia nivo-pluviales, por más que ese máximo de Junio pudiera hacernos ver una mayor influencia nival.

3.3. CRECIDAS

Hasta ahora hemos tratado de caracterizar el funcionamiento hidrológico de la cuenca del río Ara a través de situaciones medias mensuales y anuales. Sin embargo, con frecuencia, este curso de agua experimenta grandes pulsaciones en su aportación diaria, presentándose de forma violenta con desbordamientos y avenidas. Este funcionamiento

es uno de los factores que mejor justifica el comportamiento y el modelo geomorfológico que adoptan el cauce en algunos tramos.

Uno de los criterios más utilizados y significativos para determinar la irregularidad de un río se centra en la importancia de sus caudales extremos. Pocos son los ríos que escapen a una mayor o menor irregularidad, pues casi todos los medios climáticos están sometidos a situaciones catastróficas periódicas o aperiódicas. Y, concretamente, el medio en que nos desenvolvemos entra dentro de lo que podríamos llamar área de transición entre el mundo oceánico y el mediterráneo. No obstante, por las características de las cuencas y por el tipo de precipitaciones no se alcanzan aquí avenidas del signo de las típicamente mediterráneas. Es más, son raras las veces en que pueda hablarse de auténticas catástrofes. Ello no impide, sin embargo, que las aguas rebasen frecuentemente sus cauces y se desborden sobre un lecho mayor ocupado por cultivos y que a veces se destruyan determinadas obras como carreteras, puentes etc.

En el tamaño de las crecidas influye, en primer lugar, la superficie de la cuenca, lo que resulta evidente por el volumen de precipitaciones que puede recibirse. Sin embargo, intervienen, además de la superficie, otros factores que acentúan o reducen el papel de las grandes precipitaciones. Y así, se consideran factores favorables:

- la pendiente,
- la ausencia o escasa cobertura vegetal,
- la densidad de la red de drenaje y
- la litología.

Para hablar de crecidas hemos partido siempre de los datos máximos medios diarios. El límite cuantitativo a partir del cual puede hablarse de crecidas, lo hemos establecido en aquellos caudales que superan en 5 veces al caudal medio anual. Dicho límite ha sido aplicado por varios autores (Davy, 1978) y permite obtener resultados significativos en la mayor parte de los casos.

3.3.1. LA ESTACIONALIDAD DE LAS CRECIDAS.

GARCIA RUIZ et al., (1985) al estudiar el comportamiento hidrológico de diferentes cuencas pirenaicas observaron que las grandes avenidas no son casi nunca sincrónicas en el conjunto del Pirineo Central. Es decir, se acusa una ligera diferencia estacional de Este a Oeste. Para los ríos más occidentales (Subordán, Aragón y en menor medida el Gállego) en invierno, aunque haya crecidas, estas no alcanzan el volumen suficiente para alzarse con el máximo anual, ya que parte de las precipitaciones quedan retenidas en las partes más altas en forma de nieve. Por el contrario las mayores crecidas presentan una clara tendencia a concentrarse en primavera (con Marzo como mes más destacado) coincidiendo con la época del deshielo y la influencia de precipitaciones oceánicas templadas que incrementan el papel pluvial. En verano todas las avenidas tienen lugar dentro del mes de Junio, lo que, en definitiva, no hace sino acentuar el carácter primaveral del fenómeno. En la variación interanual del caudal son estos ríos occidentales los más regulares, ya que su proximidad al paso de las corrientes frontales atlánticas contribuye a asegurar el volumen de precipitaciones.

En las cuencas más orientales (Ara, Cinca y en mayor medida Ésera y Noguera Ribagorzana) se manifiestan importantes influencias "continentales", con una tendencia a la disminución de las lluvias en invierno y estiajes prolongados en verano; la primavera pierde la importancia que tenía hasta la cuenca del Gállego. Es en la época otoñal donde se registran las mayores avenidas, debido no sólo a la mayor intensidad horaria de las precipitaciones, acelerando la escorrentía, con lo que la respuesta hidrológica es bastante inmediata. En este sentido es interesante el estudio de las precipitaciones máximas en 24 horas; ello ayuda a determinar la torrencialidad y los procesos erosivos; su análisis ha permitido obtener una serie de conclusiones:

- El otoño es la estación en la que con mayor frecuencia se produce la máxima precipitación anual en 24 horas con un 45% de las

situaciones, frente al invierno con un 24,3% y la primavera y el verano con un 15,1% en el caso de Torla y un 48,4%, 6,4%, 35,5%, y 9,7% respectivamente en el caso de Boltaña.

- Siguiendo con esta idea sobre la mayor intensidad de las precipitaciones otoñales y analizando ahora las precipitaciones máximas mensuales en 24 horas, son de nuevo los meses otoñales los que alcanzan valores más elevados.

	E	F	M	A	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
Torla	71	61	65,2	88	98	82,3	42,4	72,4	68,3	168	114	89
Boltaña	54,4	78	80,8	64,5	79,3	65	53,5	83,3	126,1	146,5	88	68,6

Tabla 6. Precipitación: máxima mensual en 24 horas (mm.).

- Finalmente, se han ajustado los datos a la distribución Gumbel para poder calcular la precipitación máxima para un período de "n" años (RUIZ BELTRAN y ELIA CAVILLO, 1979). En este caso se ha calculado para un período de retorno de dos, cinco, veinte y cincuenta años por pensar que de este modo se abarca el suficiente lapso de tiempo como para hacernos una idea de las posibles riadas que pueden acontecer.

TORLA n° de observaciones = 33 BOLTANÑA n° de observaciones = 33

P(2) = 67,21 mm.

P(2) = 71,67 mm.

P(5) = 93,59 mm.

P(5) = 97,4 mm.

P(20) = 127,8 mm.

P(20) = 130,8 mm.

P(50) = 149,5 mm.

P(50) = 151,9 mm.

Al estudiar las características de las crecidas en el Pirineo Central, GARCIA RUIZ et al. (1985) comprobaron que el río Ara es el que presenta las mayores características de torrencialidad. El río Ara en Boltaña, con 1926 m³/sg. de caudal máximo instantáneo en noviembre de 1966, tiene el registro más elevado dentro del sector pirenaico, multiplicando por 90 veces el caudal medio anual. La mayor parte de las crecidas se registran en otoño (como hemos apuntado

anteriormente). En Boltaña el máximo de otoño representa el 69,2% del total, quedando ya la primavera (21,4%) y el invierno (14,2%) muy relegados. Si comparamos estas cifras en la confluencia con el Cinca en Aínsa, el esquema es bastante parecido, pues el otoño concentra el 60% de los máximos anuales y la primavera el 20%. El invierno es aún menos importante (6,6%) y el verano destaca muy poco (13,3%). De las diferencias existentes pueden, no obstante, extraerse interesantes conclusiones:

a) Los máximos otoñales se dejan sentir algo más en Boltaña que en Aínsa porque su cuenca se dispone de forma más abierta a las influencias mediterráneas. Además, como ya se ha señalado, hay que tener en cuenta el papel desempeñado por el tramo meridional -sin duda prepirenaico- de la cuenca del Ara, donde las precipitaciones de octubre a diciembre caen con intensidad.

b) La influencia continental es algo más acusada en la cabecera del Cinca que en el Ara, lo que acentúa la posibilidad que en el verano pueda producirse algún máximo anual, fenómeno que por otra parte también es muy frecuente.

c) En ambos ríos la primavera cuenta poco como generadora de máximos anuales (a diferencia de las cuencas más occidentales). Las crecidas de esta época suelen ser más moderadas, pues los vientos húmedos procedentes del Atlántico rebasan con ciertas dificultades la divisoria del Gállego-Ara.

Como resumen, la cuenca del Cinca-Ara permite extraer algunas conclusiones ya que es en este espacio (zona), donde se anuncian una serie de tendencias que se van adoptando plenamente por las cuencas más orientales hasta convertirse en ríos con crecidas típicamente mediterráneo-continentales: (Ésera).

a) Las crecidas invernales se hacen cada vez menos frecuentes conforme avanzamos hacia el Este por agotamiento de las

precipitaciones oceánicas. Por otra parte, el relieve es más elevado y retiene en mayor proporción la precipitación en forma de nieve.

b) Las crecidas otoñales son más numerosas por la proximidad de las influencias mediterráneas.

c) La continentalidad de la cuenca favorece la aparición de fenómenos tormentosos durante el verano que desencadenan, a veces, violentas descargas fluviales, a diferencia de lo que sucede en las cuencas occidentales.

d) La primavera ve disminuido su papel en la generación de crecidas por el aislamiento de los vientos oceánicos, pero también porque la fusión de la nieve es más tardía.

3.3.2. FRECUENCIA Y ESTACIONALIDAD DE LAS CRECIDAS

La cuenca del río Ara sufre a lo largo del año varias crecidas de diversa consideración. Como hemos dicho anteriormente es el río del Pirineo Central que presenta mayores características torrenciales. El siguiente esquema permite llegar a unas conclusiones básicas acerca de la periodicidad con que se presenta el fenómeno de las crecidas. El escaso módulo que presenta el río Ara facilita una rápida multiplicación del mismo, pero además hay que tener en cuenta la cercanía de la cabecera y que salvo algunos tramos, el río atraviesa zonas de fuerte pendiente lo cual acelera la escorrentía en un período muy corto de tiempo. El fenómeno se hace aún más evidente cuando la degradación paisajística aumenta, bien por falta de vegetación en las vertientes o por condicionantes litológicos (abundancia de material margoso) lo cual desencadena crecidas con frecuencia en la cuenca.

Según datos facilitados por Iberduero y la Confederación Hidrográfica del Ebro las avenidas más importantes registradas han sido:

<u>FECHA</u>	<u>RIO ARA m³/sg</u>	<u>RIO CINCA m³/sg</u>
1319	-	-
Mrz. 1788	-	-
Nov. 1879	-	-
Nov. 1884	-	-
Oct. 1907	1100	1500
Oct. 1937	1200	-
Agt. 1942	2467	1100
Nov. 1963	677	-
Oct. 1966	1926	1550
Nov. 1967	1274	637
Abril 1971	1400	-
Mrz. 1974	1700	-
Nov. 1982	1540	1800
Agt. 1988	590	-

Como podemos observar la mayor parte de las crecidas tuvieron lugar en otoño, exceptuando la mayor de todas en el año 1942 con 2.467 m³/sg. que se registró en agosto. Según cálculos realizados por los ingenieros hidráulicos de Iberduero parece confirmarse que dicha avenida coincide con la del período recurrente a los 500 años. (fotografías 3 y 4)

A partir de 1984 las crecidas fueron más moderadas y en este mismo año se empezó la construcción de diversas escolleras que canalizan el río.

Ya hemos anotado anteriormente, que a pesar de la menor pendiente del río Ara (29,9%) y una superficie de drenaje menor (688 Km²) respecto al río Cinca (44,6% y 835 Km² respectivamente), el cauce del Ara sigue teniendo mayor torrencialidad que el Cinca; sumando los datos comunes de las avenidas, el primero recoge un volumen de agua de 8.307 m³/sg. mientras que el segundo tan sólo llega a 6.587 m³/sg. Ello puede ser debido, entre otros factores, a que la longitud de la cuenca es mayor en el Ara, 62,4 Km, frente a 46,4 km. del río Cinca .



Foto 3. Puente provisional a Jánovas destruido por la crecida de 1.982.



Foto 4. Losa de hormigón del puente de Jánovas arrastrada 100 m. aguas abajo.

Todos los ríos pirenaicos por moderados que parezcan en un período de 20 ó 30 años, son capaces de producir grandes avenidas que pueden corresponder a un período de retorno de 100 años o más. Por supuesto, el fenómeno es generalizable a todos los ríos del mundo, y por ello parece interesante estudiar los períodos de retorno para prevenir, en lo posible, este tipo de catástrofes. Aunque sin duda alguna depende ampliamente de las características de la cuenca y de su capacidad de autorregulación.

4. ANALISIS DE AGUAS

Con el fin de acompañar a los datos hidrológicos se han realizado una serie de análisis destinados a conocer cualitativa y cuantitativamente la naturaleza química del río Ara. Se han efectuado muestreos en distintos puntos de la cuenca del Ara (Torla, Fiscal, Jánovas, Boltaña y Aínsa) y en diferentes épocas del año.

Estos análisis han sido puntuales dada la escasa representación que los arrastres químicos tienen respecto a los de naturaleza sólida en esta cuenca pirenaica.

4.1. TOMA; VERANO 1992

La conductividad y el pH son medidas muy similares en todas las muestras, estando éste último muy próximo a la neutralidad.

En cuanto al residuo insoluble se asocia a la carga que lleva en suspensión el agua; en esta ocasión, el de valor más alto es el de Boltaña con 743 mg/l y el menor el de Broto con 200 mg/l. Este alto contenido de residuo seco que presenta Boltaña se debe posiblemente a que el momento de recogida de la muestra coincidió con una crecida del río producida por los aportes de los barrancos laterales en una época de fuertes tormentas de verano.

Es también muy uniforme el contenido en sílice soluble que en todos los casos supera los 2 mg/l sin llegar a 3. Ninguna de las muestras es carbonatada, ya que el valor del pH no supera las 8,3 unidades y la determinación de los carbonatos es negativa.

En cuanto a las concentraciones de aniones y cationes se representan en el diagrama de PIPER-HILL-LANGELIER. De él se puede decir que son muy similares las muestras de Boltaña, Fiscal y Aínsa, correspondiendo a aguas cálcico-magnésicas.

En Broto se obtiene una muestra diferente a las demás ya que se sitúa en la parte superior del diagrama de Piper-Hill-Langelier. Se trata pues de un agua sulfatada cálcico magnésicas, mientras que la toma de Jánovas proporciona un agua bicarbonatada sódico-potásica.

Para los aniones, predomina el bicarbonato en Boltaña, Ainsa Jánovas y Fiscal; únicamente Broto es de carácter sulfatado.

	TORLA	FISCAL	JÁNOVAS	BOLTAÑA	AINSA
CONDUCTIVIDAD (μ S)	233	257	277	283	276
pH	7.47	7.52	7.74	7.52	7.49
SODIO (mg/l)	-	-	-	14.41	0
POTASIO (mg/l)	5.28	1.65	5.72	10.78	1.32
CALCIO (mg/l)	24.31	27.28	24.09	41.80	19.47
MAGNESIO (mg/l)	51.37	59.95	2.53	15.95	22.11
SULFATOS (mg/l)	32	19	17	23	15
CLORUROS (mg/l)	4.25	4.61	5.67	4.60	3.90
CARBONATOS (mg/l)	-	-	-	-	-
BICARBONATOS (mg/l)	26.84	19.52	56.12	36.60	24.40
SILICE SOLUBLE (mg/l)	2.33	2.59	2.69	2.84	2.64
RESIDUO 110°C (mg/l)	200	400	570	743	365

4.2. TOMA; VERANO 1993

La conductividad y el pH siguen teniendo valores muy homogéneos en todas las muestras.

El residuo seco de la toma de Fiscal es el que presenta valores más altos, debido a que se ha tomado una vez integrados al cauce, arroyos de aportes laterales cercanos a la zona que incrementan notablemente la carga en suspensión.

La sílice soluble presenta gran monotonía, no superando nunca los 3mg/l. Todas las tomas están exentas de carbonatos. Destaca la muestra de Broto por ser sulfatada repitiendo de este modo el esquema de la toma del verano de 1992.

	TORLA	FISCAL	JÁNOVAS	BOLTAÑA	AINSA
CONDUCTIVIDAD (μ S)	299	160	148	217	147
pH	7,9	7,8	7,9	7,8	7,8
SODIO (mg/l)	-	-	-	12,07	-
POTASIO (mg/l)	6,19	2,03	6,33	11,26	1,99
CALCIO (mg/l)	23,19	30,51	25,17	42,06	22,09
MAGNESIO (mg/l)	47,36	43,16	3,77	17,19	19,25
SULFATOS (mg/l)	30	20	17	25	17
CLORUROS (mg/l)	5,33	4,47	6,29	5	4
CARBONATOS (mg/L)	-	-	-	-	-
BICARBONATOS (mg/l)	27,19	20,52	50,20	39,50	25,03
SÍLICE SOLUBLE (mg/l)	2,36	2,59	2,48	2,73	2,02
RESIDUO 110°C (mg/l)	351	615	380	319	209

4.3. INVIERNO 1993

Las muestras del Invierno de 1993 se caracterizan por tener la conductividad más elevada de todas las tomas realizadas. El pH es ligeramente más alcalino y el residuo insoluble algo más alto, destacando sobre todo la muestra de Fiscal con 718 mg/l. La sílice soluble se mantiene en valores muy parecidos no llegando nunca a superar los 3 mg/l. Al igual que en tomas anteriormente realizadas no se detectan carbonatos.

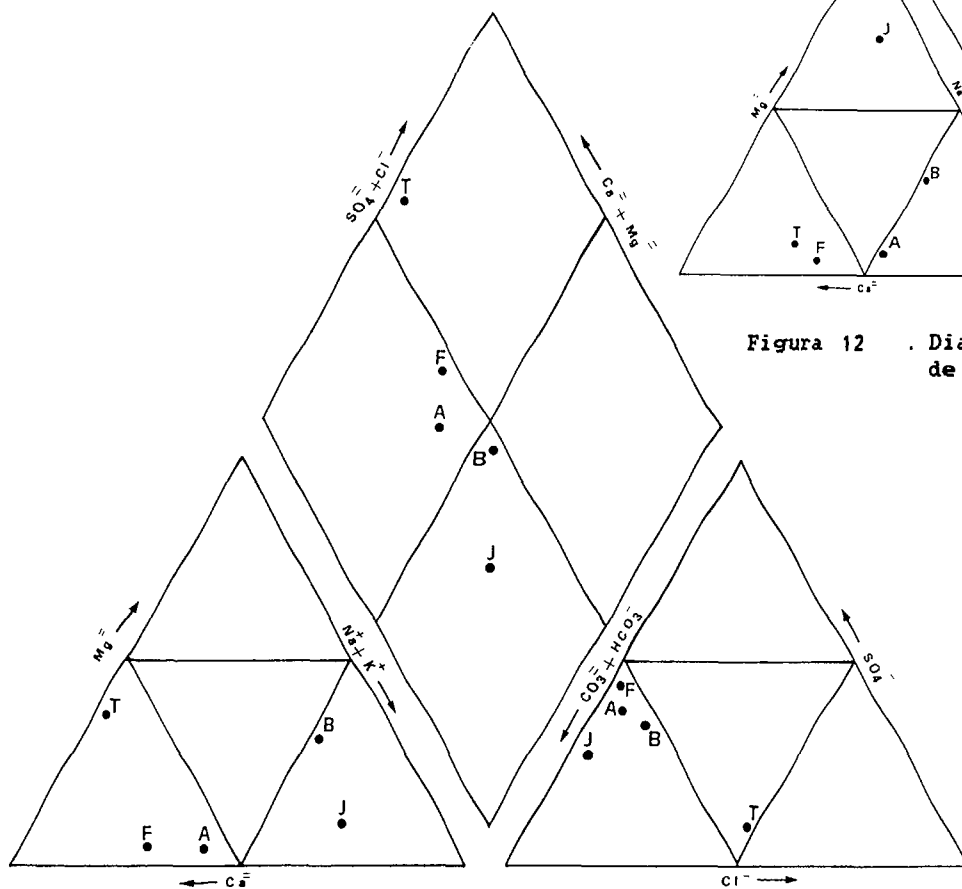


Figura 10 . Diagrama de Piper-Hill-Langelier de la primera toma de verano 1992.

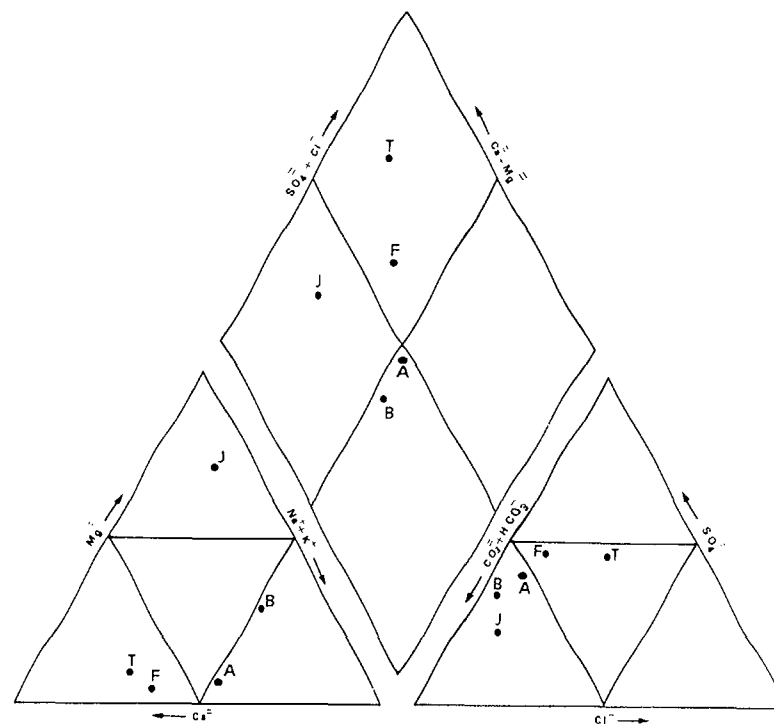


Figura 12 . Diagrama de Piper-Hill-Langelier de la segunda toma de verano 1993.

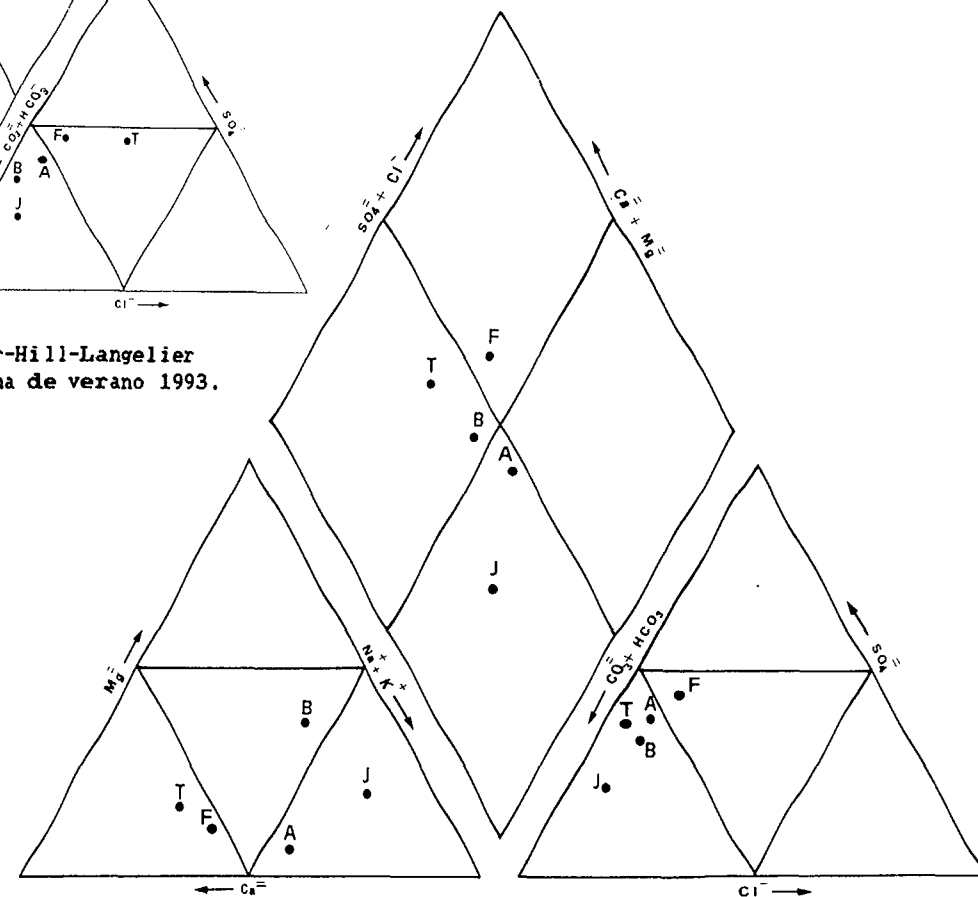


Figura 11 . Diagrama de Piper-Hill-Langelier de la tercera toma de invierno 1993.

	TORLA	FISCAL	JÁNOVAS	BOLTAÑA	AINSA
CONDUCTIVIDAD (μ S)	376	300	402	510	375
pH	7,9	8,0	7,9	8,0	8,0
SODIO (mg/l)	-	-	-	15,17	-
POTASIO (mg/l)	5,77	4,62	5,48	13,19	2,31
CALCIO (mg/l)	21,17	29,14	20,12	40,26	25,16
MAGNESIO (mg/l)	40,22	41,12	5,36	19,14	20,36
SULFATOS (mg/l)	36	15	12	31	17
CLORUROS (mg/l)	6,29	5,41	5,42	6,28	3,86
CARBONATOS (mg/L)	-	-	-	-	-
BICARBONATOS (mg/l)	47,28	22,51	48,59	45,23	22,06
SILICE SOLUBLE (mg/l)	2,33	2,49	2,57	2,86	2,36
RESIDUO 110°C (mg/l)	389	718	123	408	249

Las muestras de Broto, Fiscal, Boltaña y Ainsa repiten el mismo esquema que en anteriores ocasiones mientras que Jánovas evoluciona pasando a ser un agua sódico-potásica. Se puede apuntar que esta variación cálcico-magésica a sódico-potásica y viceversa es debida posiblemente al material lavado por el río en su paso por el Anticlinal de Boltaña.

IV. DINAMICA ACTUAL DEL RIO ARA

IV. DINAMICA ACTUAL DEL RIO ARA

Los ríos y los cursos de agua en general, son elementos fundamentales en el paisaje y su dinámica tiene una importancia creciente en la física medio-ambiental.

Desde la perspectiva geomorfológica, los cursos de agua son esencialmente agentes de erosión y transporte que, cada año y en función del régimen de lluvias, transfieren grandes cantidades de material sólido desde el interior de sus cuencas a las partes más bajas de las mismas o al mar. Los flujos de agua son poderosas fuerzas que actúan sobre la superficie terrestre, su eficacia depende de la energía de la corriente y de la cantidad de derrubios transportados (LÓPEZ BERMÚDEZ et al., 1988).

Estos cursos y sus cuencas de drenaje son un excelente ejemplo del sistema geomorfológico abierto, en donde materia y energía son intercambiables con el medio que les rodea (SCHUMM, 1977). El carácter y comportamiento del sistema fluvial de un cuenca es siempre complejo y refleja controles e interrelaciones de sus componentes: clima (precipitaciones, temperatura), caracteres de la cubierta vegetal y de los suelos, usos del suelo, etc., juntos van a determinar la importancia de la descarga hídrica, el régimen hidrológico, las tasas de erosión, la cantidad y tipos de sedimentos suministrados. Entre todos, configuran la morfología dinámica de la cuenca.

Algunos autores han centrado su atención específicamente en las características de los ríos "braided", tipología a la cual pertenece nuestro río. Tal es el caso de Doeglas (1962), quien considera que este tipo de lechos se desarrollan con unas características paisajísticas determinadas:

- climas áridos, semiáridos o árticos son propicios para la formación de este tipo de lechos fluviales. Los tres casos tienen en común que la circulación hídrica es irregular.

- La vegetación escasa provoca una escorrentia fuerte y disminuye la evaporación.

- La existencia de fuertes pendientes también favorece el arrastre de la carga de fondo (LEOPOLD y WOLMAN, 1957; CHURCH y JONES, 1982; MORISAWA, 1985). El río Ara ofrece un desnivel de 1895 m. desde su cabecera en el Macizo de Vignemale (2.425 m.) hasta su desembocadura en Aínsa (530 m.). En aproximadamente unos 63,8 Km. de recorrido tiene una pendiente del 29%.

Más recientemente, el modelo climático que acoge a los ríos "braided" ha sido incrementado al haber sido, también abordado desde el punto de vista de la Geología. Así, en el Carbonífero, existió un desarrollo mucho más importante de estos sistemas en regiones húmedas, en las que la no existencia de la cubierta vegetal y las lluvias frecuentes favorecían la formación de canales tipo "braided" (ARCHE, 1989).

Otros factores también importantes que contribuyen a la formación de cursos "braided" son : la existencia de márgenes fácilmente erosionables (FAHNESTOCK, 1963; MORISAWA, 1985; REINFELDS, 1993), fluctuaciones en la descarga rápidas y extremas (LEOPOLD y WOLMAN, 1957), abundante carga de fondo y falta de competencia local en la corriente (LEOPOLD y WOLMAN, 1957; MORISAWA, 1968; CHURCH y JONES, 1982; GOMEZ, 1991). El resultado final de la combinación de todos estos factores es la enorme inestabilidad del canal (SCHUMM, 1968).

Todas estas características se encuentran en las zonas de montaña y también en el valle del río Ara; aunque la novedad más importante es la consideración del material de las orillas y la falta de competencia de la corriente. Este último elemento lo consideramos muy importante en la génesis de las barras típicas de los ríos "braided".

Por su parte, SMITH y SMITH (1980) establecen diferencias entre los ríos anastomosados y los "braided". Los primeros son

definidos como "una red de canales interconectados de bajo gradiente, relativamente profundos y estrechos, con canales rectos o sinuosos, con orillas estables compuestas de sedimentos finos y con vegetación". Los ríos "braided", por el contrario, son canales "relativamente anchos y poco profundos, con fuertes gradientes, separados por barras inestables formadas por arenas o gravas. Comparados con los sistemas anastomosados tienen pocos materiales finos y la vegetación es mínima".

Por último, RUST (1978 y 1981) en un intento de cuantificar las diferencias entre los modelos de canales enuncia el "parámetro de braiding", que se define como el número de intersecciones de canales por la longitud media de onda de cada meandro:

Canal simple	Canal múltiple
(parámetro braiding <1)	(parámetro braiding >1)

Las características más importantes que favorecen que el río Ara, en determinadas zonas, funcione como un río de "braided" son: las fuertes pendientes, la gran cantidad de materiales detríticos ubicados en su fondo, la erosionabilidad de las orillas (y por consiguiente la relación anchura/profundidad), la escasa vegetación y un clima que propicia que la circulación hídrica sea irregular y sufra grandes contrastes.

Las acentuadas pendientes que ofrecen los afluentes del Ara, para salvar los importantes desniveles, existentes entre sus cabeceras y el valle principal, facilitan el transporte y el aumento de los sedimentos. Pero las fluctuaciones de la descarga y las pérdidas de su caudal provocan la falta de competencia de la corriente en algunos puntos y el consiguiente depósito de la carga de fondo. Por otra parte, la erosionabilidad de las márgenes y orillas que se evidencia por casi toda la cuenca del río Ara, facilita el ensanchamiento de su canal principal, la pérdida de profundidad de la corriente y el depósito de los sedimentos; y cuando las primeras plantas colonizadoras lo permiten, la vegetación estabiliza las barras protegiéndolas de las crecidas.

1. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LOS LECHOS FLUVIALES.

Las clasificaciones que se han efectuado en los sistemas fluviales han llevado a cabo, generalmente, a la función de los tipos de canales. Una de las primeras y más utilizadas clasificaciones es la de LEOPOLD, WOLMAN Y MILLER (1964) quienes, basándose en la sinuosidad de los lechos establecieron la clasificación típica de ríos meandrizantes (con sinuosidad $>1,5$) y rectos o braided (con sinuosidad $<1,5$). El río Ara (en los tramos estudiados) presenta una sinuosidad media de 1,23.

Años antes, en la clasificación de LEOPOLD Y WOLMAN (1957) se reconocen tres tipos de canales: rectos, "braided" y meandriformes; para estos autores, el término "braided" es sinónimo de anastomosado. En la actualidad se han sumado otros tipos intermedios o diferentes, lo cual ha hecho aconsejable una ampliación de esta clasificación.

RUST (1978) establece una clasificación en función de la sinuosidad y del número de canales, siendo la sinuosidad, la relación existente entre la longitud del canal y la distancia del valle.

Otros autores clasifican el canal y la forma del mismo tanto en planta como en perfil. En términos generales los canales que transportan preferentemente carga en suspensión son más estrechos y profundos y de una mayor sinuosidad. Ello está relacionado con el grado de cohesión que ofrecen los aluvionamientos sitios en las orillas, mucho más alto en los materiales de granulometría más fina. La fig.13 representa la clasificación de canales basada en la configuración de los canales y el tipo de carga, con indicación de las variables asociadas y la estabilidad relativa (SHUMM y MEYER, 1979).

Según OUCHI (1985), un factor importante en la configuración de los canales fluviales lo constituyen las deformaciones de la pendiente del valle causada por la actividad tectónica. La respuesta de los canales dependerá de la magnitud y velocidad con que se

produzcan estas variaciones. Este autor lleva a cabo unos estudios experimentales, comparándolos con trabajos de campo viendo la respuesta de los diferentes tipos de ríos tanto en los procesos lentos de elevaciones como en los de subsidencia. En el caso de los canales tipo "braided" la respuesta a una elevación de tipo anticlinal en la zona del canal genera una degradación y formación de terrazas en la zona central de la elevación (Fig. 14a). En el caso de la subsidencia (Fig 14b), se produce una agradación en el tramo central. Asimismo, y de forma secundaria, se desarrollan barras transversas aguas abajo del eje de subsidencia.

De todo lo anteriormente expuesto podemos entresacar algunas de las características más importantes que favorecen que el río Ara se comporte en muchos tramos como un curso fluvial "braided". Entre las más destacadas cabe señalar las fuertes pendientes que ofrecen todos los cauces de los afluentes y arroyos emisarios del río Ara, obligados a salvar importantes desniveles desde su cabecera montañosa (pico Vignemale 3.303m) hasta el fondo del valle, situado entre 860 y 520 m. Ello implica que se arrastren enormes masas de aluviones en sus cauces, que junto a las bruscas fluctuaciones de la descarga y las pérdidas de caudal provocan la falta de competencia de las corrientes en numerosos tramos y el consiguiente abandono de los sedimentos. Como factores que influyen colateralmente en este tipo de canal, podemos señalar la erosionabilidad de las orillas (compuestas casi siempre por material detrítico grueso: cantos, gravas fundamentalmente) lo que facilita el ensanchamiento del canal y la pérdida de la profundidad de la corriente, seguido de la acumulación de sedimentos.

2. LOS CURSOS FLUVIALES BRAIDED Y LA FORMACIÓN DE BARRAS.

Los ríos "braided" son cursos de agua de múltiples canales con baja sinuosidad RUST (1978 a y b). Es decir, se caracterizan por la existencia de canales e islas a través de los cuales converge y diverge el flujo.

Actualmente, los cursos fluviales "braided", se forman en áreas de sistemas de drenaje con descargas muy variables y con cubierta vegetal escasa. Geomorfológicamente, muchas terrazas cuaternarias en los ríos pirenaicos se han constituido a partir de aluvionamientos y sistemas "braided". La mayoría de los autores consultados están de acuerdo en afirmar que las barras de este sistemas fluviales se forman en puntos donde el flujo pierde capacidad de transporte; aunque en algunos caso no está claro si se trata de un proceso de equilibrio o resulta solamente de cambios en las condiciones de flujo (HARMS et AL. 1975).

El primer modelo de formación de barras fue descrito por LEOPOLD, WOLMAN y MILLER (1964). Según estos autores, la constitución de las barras se inicia con la sedimentación de los materiales más gruesos de la carga de fondo (lag) que transporta la corriente en la parte central del canal; posteriormente, al existir un obstáculo, se van acumulando más cantos pudiendo llegar a emerger sobre el nivel del agua. Al migrar las barras desarrollan caras de deslizamiento empinadas (slip face), si el sedimento es fino y superficies de bajo ángulo (riffles) si el sedimento es grueso.

Posteriormente, HEIN y WALKER (1977) estudian la evolución y crecimiento de las barras a partir de un núcleo de cantos. HEIN (1974) describe la presencia de capas difusas de gravas con un espesor de unos pocos centímetros. Las capas difusas de barras están formadas por la carga de fondo más gruesa y se mueven sólo con motivo de fuertes pulsaciones de corriente. Para flujos con caudal ligeramente más

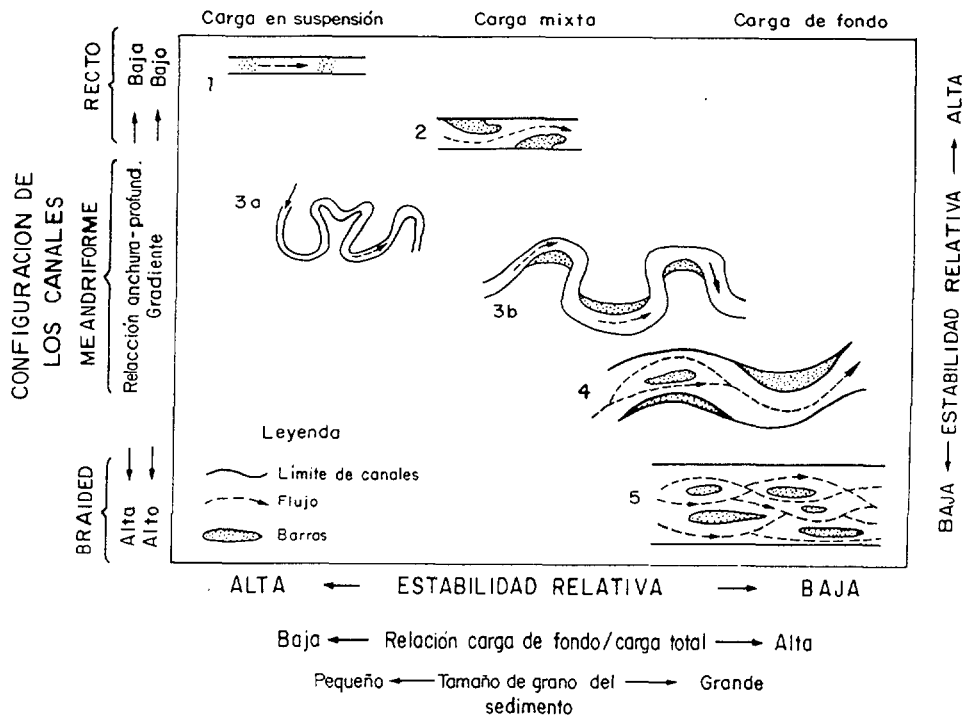


Fig.13. Clasificación de canales basada en la configuración de los canales y el tipo de carga, con indicación de las variables asociadas y la estabilidad relativa (Schumm y Meyer, 1979, en Schumm, 1981).

Río Braided (carga de fondo)

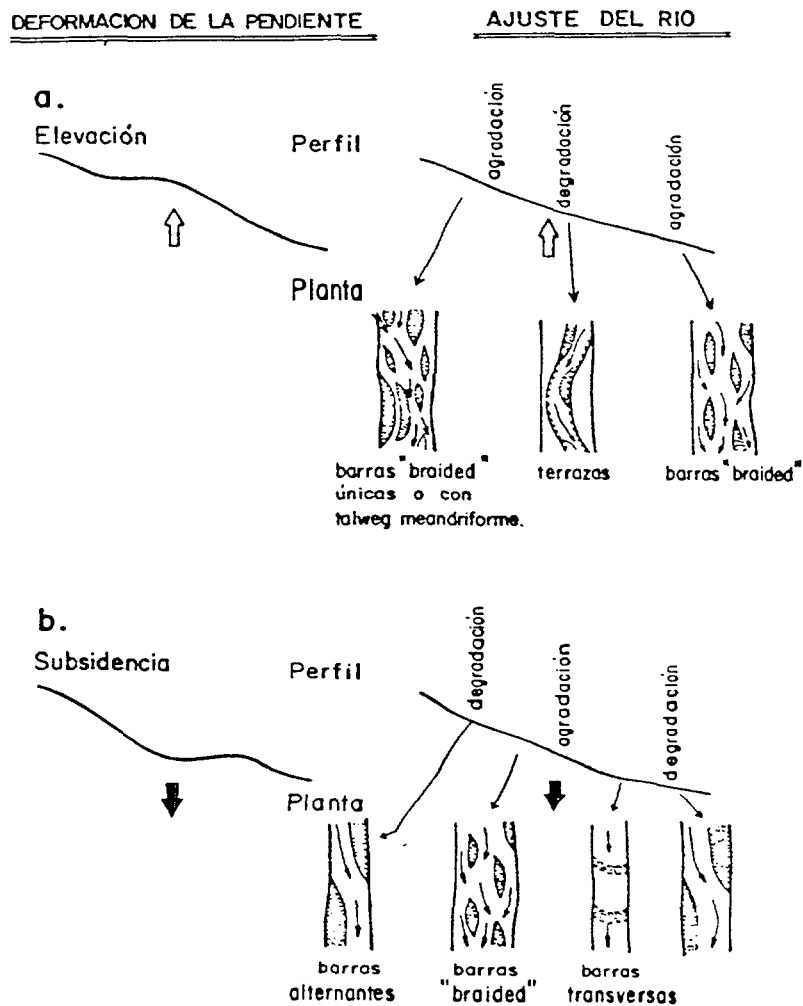


Fig.14. Respuesta de canales de tipo «braided» ante: (a) elevación por generación de una forma anticlinal, y (b) subsidencia por generación de una forma sinclinal.

bajos, la capa difusa se inmoviliza y forma un pavimento residual que es el núcleo para el crecimiento de una barra.

CANT (1978) estudió el río Saskatchewan y llegó a la conclusión de que las barras se forman donde el flujo no es uniforme y se expande lateralmente o verticalmente. Esto sucede donde los canales se hacen más anchos o se arquean o donde el flujo pasa sobre una pendiente abrupta, como la unión de dos canales de diferente profundidad. Las barras del río Grande, descritas por HARMS y FAHNESTOCK (1965), se forman por un proceso semejante en lugares donde la corriente alcanza zonas más profundas.

Los estudios llevados en el río Kicking Horse (Canadá) por SMITH (1974) parecen indicar que la formación inicial de las barras suele ser rápida. Con frecuencia se pueden formar y desaparecer en un sólo ciclo de descarga. De la misma opinión son los trabajos realizados por EYNON y WALKER (1974), HEIN y WALKER (1977) y MORISWA (1985) donde afirman que en general, el proceso de transporte de los cantos que forman las barras se produce principalmente en las etapas de avenida y de alta energía, no existiendo movimiento en las etapas de baja energía.

Por otra parte, el hecho de que los cantos estén bien clasificados y en contacto (clast-supported) indica una corriente capaz de transportar los materiales más finos o bien mantenerlos en suspensión y de hacer rodar los cantos de mayor tamaño sobre el lecho (WALKER, 1975). En las etapas de baja energía, la arena se infiltraría en los espacios intersticiales de los cantos, dando lugar a la escasa matriz arenosa que posteriormente observamos (COSTELLO y WALKER, 1972; SMITH, 1974; EYNON y WALKER, 1974; HEIN y WALKER, 1977). Existen asimismo, sistemas en los que los depósitos resultantes son una alternancia de niveles de gravas y arenas con otros sólo de gravas. En este caso no se trataría de una infiltración posterior, ya que los cantos no están en contacto, sino que en una primera etapa evolutiva de la barra, la arena y la grava se sedimentarían simultáneamente a partir de una corriente de elevada energía. Sin embargo, cuando existe

una alternancia clara, sin gradación, entre niveles de tamaños de clastos muy diferentes, según STEEL y THOMPSON (1983), se trataría de una diferenciación de los tamaños, sobre la superficie de las barras, seguido por una progradación con movimiento lateral (Fig 5 pág. 72).

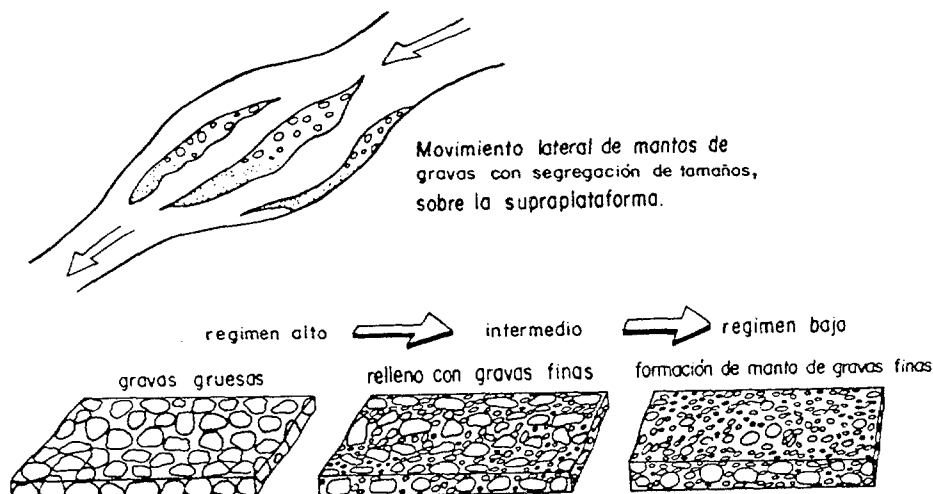
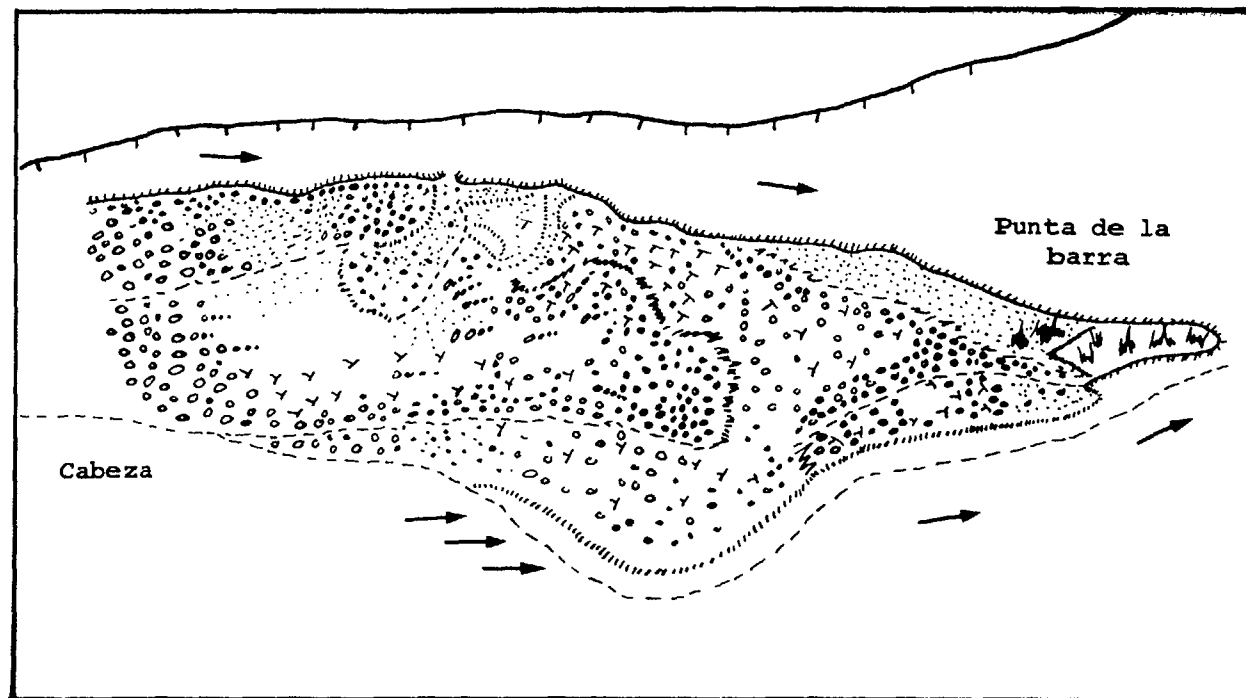


Fig. 15 Probable génesis de las texturas y secuencias en barras en las que alternan niveles de gravas y arenas de diferente granulometría y con variable contenido en matriz (Steel y Thompson, 1983)

2.1. CARACTERISTICAS SEDIMENTOLOGICAS Y PARTES DE UNA BARRA.

El tamaño de las barras está en íntima relación con las dimensiones y competencia del canal en el que se desarrollan (LEOPOLD y WOLMAN, 1957). Las barras se han estudiado en el río Ara pueden medir desde 10-20 m. hasta 100 m. ó más de longitud.

En las barras de gravas se pueden distinguir según BLUCK (1971, 1976, 1979) varias zonas morfológicas bien definidas que dan lugar a diferentes tipos de estratificación y estructuras sedimentarias; denomina "plataforma" a la parte estable del curso, que está formada completamente dentro de la región del canal inferior. La zona de "supra-plataforma" es el área expuesta a importantes fluctuaciones del nivel del agua, lo que da como resultado notables cambios granulométricos; ello da lugar a dos zonas diferenciadas en las barras:











- | | | | |
|---|---------------|---|------------------|
|  | Arenas |  | Acreción lateral |
|  | Gravas |  | Erosión |
|  | Imbricaciones |  | Subambientes |
|  | Rills |  | Vegetación. |

FIG. 16 . PARTES Y ELEMENTOS DE UNA BARRA

- una de tamaño más grueso que presenta estratificación horizontal e imbricación en la zona aguas arriba y que sería la cabeza de la barra (o "bar head")

- y otra, aguas abajo, de menor tamaño, que sería la cola o punta terminal de la barra (o "bar tail") que suele presentar estratificación cruzada (Fig 16).

Esta morfología se aprecia también con nitidez en las barras del río Ara. La segregación de tamaños entre ambas zonas se debe a la pérdida momentánea de la capacidad de transporte del flujo, al verse frenado por la cabeza de la barra siempre con sedimentos mucho más gruesos. Referente a este punto, Black piensa que esto es debido a pequeñas turbulencias en el área de cabecera de la barra, producida por los clastos de mayor tamaño, lo cual facilita una movilización del material más fino hacia la zona de la cola. Gracias a esta diferenciación morfológica y sedimentaria se puede reconstruir el proceso de formación de una barra (RAMOS, 1989).

ALLEN (1983 a) estudia la segregación vertical que se produce en las barras que presentan una carga mixta. Partiendo de un sedimento de grava y arena, se genera una selección en la que las partículas de tamaños más gruesos sobrepasan a las de menor tamaño (Fig 17). El resultado es una serie de "foreset" cuya parte inferior presenta tamaño de grano más grueso que la parte superior. ALLEN (1983 a) denomina a estas barras "humpback bars" o barras con joroba. Su génesis se debe a la existencia de una agradación vertical, simultánea a la progradación, con un régimen de corriente más alto en la parte superior, lo que da lugar a la laminación paralela.

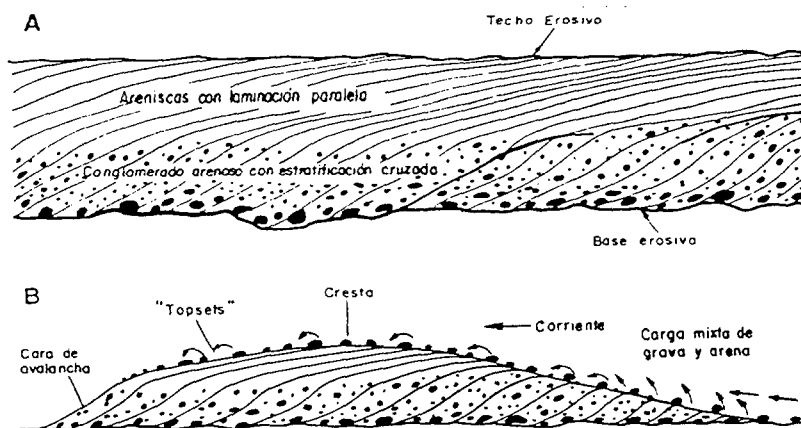


Fig. 17 Unidades sedimentarias de las barras de tipo «humpback», (A) principales características de las diferentes unidades, (B) principales características de una barra activa (Allen, 1983a).

SMITH (1974) sostiene, que las barras paralelas al flujo (longitudinales, point bars y transversales) el material se vuelve más fino aguas abajo. Sin embargo, en las barras diagonales con flujo oblicuo, esta tendencia no es tan clara. También señala que la textura interna de la barra es más fina hacia su techo en las paralelas al flujo, mientras que esto no sucede en las diagonales. La estructura interna de las barras de grava, en el río Kicking Horse, ofrece según Smith, una estratificación masiva u horizontal muy grosera, con imbricación de cantos. Es algo común la estratificación de bajo ángulo, que se produce por la migración de barras que tienen pendientes bajas hacia el canal o los márgenes de los riffles.

Posteriormente BLUCK (1982) analiza el crecimiento de varias barras experimentalmente. Distingue entre la evolución de barras simples (unit bars) y las complejas. Estas últimas se forman por acreción de las simples. Durante los tres años de investigaciones en el río Tulla (Escocia) y en el sur de Islandia (Markarfljot Sandur) el autor ha constatado que el calibre medio de cada barra permanece constante. Ello implica que las barras simples que se adicionan a las mayores, tienden a tener el tamaño de los materiales de la barra mayor; dependiendo el grado de madurez de las barras pequeñas de:

- La rapidez de homogeneización del tamaño del grano comparado con la remoción del material en cada crecida.
- La cantidad de barras que se adicionan a la mayor.
- La disponibilidad de granos.
- La ratio de desviación de los canales.

Por último, el trabajo realizado en la Rambla de Chiva por SEGURA, SANJAUME y MEYER (1985) parece indicar que las barras en este tipo de canales tienen un calibre ligeramente inferior al de los canales principales. Sin embargo, los microcanales (propio de las barras mediales, transversales y diagonales) indican un comportamiento diferente, ya que presentan una menor selección que los canales activos.

3. TIPOS DE BARRAS

Las barras fluviales representan los lugares típicos de almacenamientos de los sedimentos, con un tiempo de residencia muy variable. Aunque no debemos olvidar que constituyen también elementos de resistencia, que absorber energía al contribuir a dispersar el flujo, con lo que regulan la velocidad de las aguas y controlan la evolución de la morfología fluvial.

Las clasificaciones más al uso aluden básicamente a barras individuales, aunque en ríos con cierta importancia y sobre todo con valles amplios (como es el caso de los dos sectores seleccionados) lo que se observa, son casi siempre, cuerpos sedimentarios complejos; resultado de una larga secuencia de flujos que han depositado materiales en las barras y después las han modelado por erosión selectiva.

Las principales diferencias establecidas entre las barras de los canales braided han venido de la mano de COLLINSON (1970), KRIGSTROM (1962), ORE (1963), SMITH (1974) y CHURCH y JONES (1982), aunque no hay acuerdo claro sobre cada una de ellas. En general coinciden en sus definiciones pero no en el nombre que les dan para identificarlas.

Nosotros entre las barras individuales distinguimos cinco tipos básicos, con formas transicionales de evolución desde unos a otros y en las que hemos procurado englobar el resto de los intentos de clasificación:

a) Barras longitudinales (LEOPOLD y WOLMAN, 1957), también "crescentic bars" cuando se encuentran en una fase muy inicial, ó "spool bars" KRIGSTRÖM, 1962); En sus primeras estados de desarrollo, tienden a formarse en tramos rectos y someros en el centro del canal (LEOPOLD y WOLMAN, 1957), coincidiendo con un ligero ensanchamiento del mismo, provocando a su vez la subdivisión del canal principal en dos secundarios que rodean lateralmente a la barra (ORE, 1963; SMITH,

1970). Son alargadas en forma de lengua con superficies convexas hacia aguas abajo (DIAZ MOLINA, 1984).

b) Barras transversales (BLUCK, 1974 y 1976; SMITH, 1974; HEIN y WALDER 1977) se forman allí donde se produce un brusco ensanchamiento del canal. Estas barras poseen una relación longitud/anchura menor que las anteriores, con un frente lobulado que además acaba bruscamente en un pequeño escarpe. El flujo principal discurre sobre el centro de la barra, dando lugar a una ligera concavidad en el perfil transversal.

c) Las barras medias (BLUCK 1976, 1979) -"media bars", "rhombodal bars" y "trapezoidal bars"- parecen corresponder a una fase evolutiva más compleja que las barras transversales, pero tienen un frente más apuntado hacia aguas abajo. Suelen ser bastante inestables ya que una parte del flujo penetra en la barra (CHURCH y JONES, 1982); aunque pronto se dirige hacia los laterales, abriendo pequeños canales que rompen aparentemente la uniformidad de la barra. El frente muestra también una ruptura de pendiente, con caída brusca.

d) "Point bars" (MCGROWER y GARNER, 1970; HEIN y WALKER, 1977) son las más conocidas y quizás las más frecuentes. Se forman en la orilla convexa de una incurvación en tramos con alta sinuosidad (RAMOS, 1989). Normalmente, entre la barra y la orilla se abre un canal secundario interior. Tienen caras inclinadas hacia la orilla cóncava y pueden tener foreset dirigido hacia la orilla interior. La forma es de media luna más o menos gruesa por su parte central. Suelen ser barras bastante estables ya que su orientación oblicua respecto a la corriente favorece una elevada resistencia al flujo constituyéndose en elementos casi permanentes (CHURCH y JONES, 1982) que pueden ser colonizados por la vegetación.

e) Por último, las barras diagonales (COLLINSON, 1978; CHURCH, 1972; SMITH, 1974) son también muy frecuentes, se orientan oblicuamente a la dirección del flujo. El extremo de aguas arriba conecta con la parte interior de la curva, es decir la orilla cóncava,

y desde allí circula oblicuamente hasta la parte extrema de la curva (orilla convexa). El agua fluye como una lámina delgada por encima de la barra, a la que en ocasiones puede disectar con pequeños canales en su parte distal. Hacia aguas arriba forma una suave rampa, mientras que hacia aguas abajo suele terminar en un frente de avalancha. La formación de este tipo de barra dependerá de las siguientes condiciones: estabilidad de las orillas, geometría del canal y tipo de flujo (SMITH, 1974).

CHURCH y JONES (1982) han establecido una ligera variación sobre la clasificación inicial de SMITH (1974), en la que incorporan tipos tradicionales como las barras creyénticas, que se interpretan como una fase inicial de las longitudinales (Fig. 18).

Por el contrario las médiales son una fase avanzada de evolución de las longitudinales y las transversales. Para estos autores, las barras evolucionan de un tipo a otro, de forma que las longitudinales y las transversales pueden convertirse en médiales y éstas a su vez pasan a barras laterales o "point bars" y por último a diagonales. Las transversales, por su parte, pueden evolucionar directamente a barras diagonales. Estas últimas se consideran las más estables de todas (Fig 19).

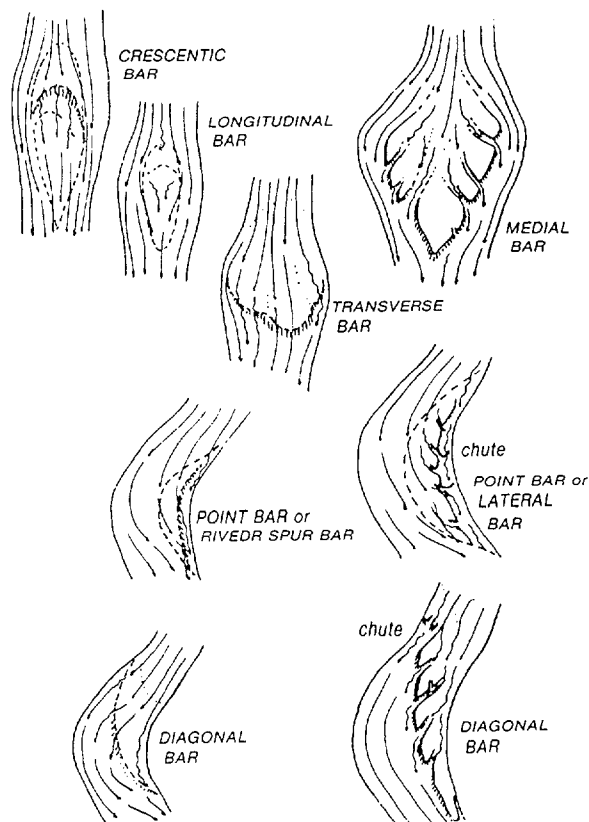


Fig. 18 Tipos de barras, según CHURCH y JONES (1982).

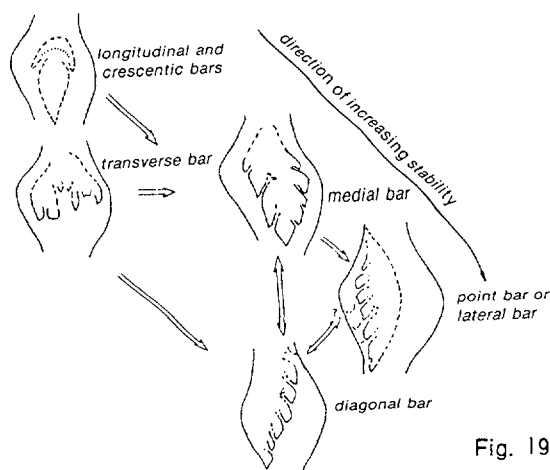


Fig. 19 Evolución de las barras (según CHURCH y JONES, 1982).

Por su parte, DABRIO y FERNÁNDEZ (1983) recopilan todas estas clasificaciones e intentan establecer equivalencias entre ellas, indicando también su estructura interna, según queda reflejado en la tabla 7.

El que en un tramo fluvial se den barras correspondientes a un modelo o a otro no es un hecho fortuito. La forma del canal (anchura y profundidad), la velocidad y sentido de la corriente desde aguas arriba y la disponibilidad de sedimentos gruesos son factores básicos. Cuando la fuente de sedimentos está próxima, tienden a darse barras transversales y barras medias, dando lugar a un cauce de tipo trenzado, con varios canales divagando alrededor de las barras; estas se juntan y se separan, cambiando frecuentemente de posición tras cada acontecimiento hidrológico de importancia. Son los también llamados "wandering gravel channels" o canales errantes de gravas. En el caso de que la disponibilidad de sedimentos sea menor, tienden a formarse barras laterales (*point bars*), con un sólo canal muy bien definido, con cierta sinuosidad, lo que permite acumulaciones de gravas en las orillas convexas. En el caso extremo de ríos con muy poca carga gruesa apenas se generan estructuras sedimentarias visibles en superficie y a lo sumo pueden apreciarse pequeñas rupturas de pendiente -"riffles"-, provocadas por concentraciones de material más grueso en el lecho (RICHARDS, 1976; MILNE, 1982).

Ahora bien, lo más frecuente es que en una zona de gran actividad sedimentológica y geomorfológica, con grandes acumulaciones temporales de gravas, nos encontremos con barras complejas que son extremadamente difíciles de clasificar. Estas acumulaciones se forman en zonas con suficiente anchura, que no pueden ser alteradas y reconstruidas totalmente en un sólo evento o incluso en unos pocos años. De esta forma, barras antiguas, colonizadas o semicolonizadas por la vegetación son parcialmente destruidas, mientras que sus extremos pueden adosarse nuevas láminas sedimentarias que tardarán años en ser ocupadas por la vegetación. Basta para ello que el canal esté sometido a frecuentes migraciones, que haya cambios bruscos de caudal y que el río esté bien abastecido de materiales detríticos. La

Clasificaciones Morfológicas			Clasificación Sedimentológica (Miall, 1981)	
BLUCK, 1976	SMITH, 1974 HEIN Y WALKER, 1977	OTROS TERMINOS EQUIVALENTES		FACIES
Media Lateral III	Longitudinal	<i>Braid Bar</i> <i>Spool bar</i> Diamante Romboides	Barras con es- tratificación plana o masiva	Gravas (Gm) Imbricación Sin estratificación cruzada
Lateral II (transversal)	Diagonal Transversal	Linguoides Lobuladas <i>Chute bar</i>	Barras con su- perficie de avalancha (<i>foreset</i>) simple	Arena y algo de grava (Sp/Gp)
Lateral I	<i>Point bar</i>	Lateral <i>Side bar</i>	Barras compuestas	Grava y arena Estructura muy compleja con varios tipos de estratifica- ción cruzada y cicatrices erosivas

Comparación entre las clasificaciones geomorfológicas y sedimentológicas de barras aluviales trenzadas y posibles equivalencias y estructura interna.

TABLA. 7. *Clasificación de las barras según los diferentes autores (DABRIO y FERNÁNDEZ, 1983).*



Foto 5. Barras laterales en las inmediaciones de Jánovas.

forma de la barra no responde a ninguno de los modelos aquí definidos, con sectores de edad muy diferente en función de la compleja historia de esa estructura. Las características de la vegetación reflejan bastante bien esta heterogeneidad, a la vez que ponen de manifiesto la evolución de la dinámica fluvial. Estas barras entran dentro de la categoría de megaformas (como más adelante detallaremos) y son las más habituales en tramos como los estudiados en este trabajo.

Por lo que se refiere a la estructura interna de las barras, la opinión más generalizada es que las barras longitudinales carecen de estratificación interna o gozan de una ligera estratificación planar, mientras que las transversales generan estratificación cruzada o inclinada. No obstante, SMITH (1970) admite que cuando el material es fino las barras longitudinales pueden tener una ligera estratificación cruzada planar o de bajo ángulo. Las diagonales, según Miall (1978 y 1985) también generan estratificación cruzada.

4. FORMAS ALUVIALES EN LOS RIOS CON LECHOS DE GRAVAS

Los "gravel bed rivers" de la terminología anglosajona (ríos con lechos de gravas) poseen numerosas estructuras sedimentarias, además de las barras típicas de los cursos "braided". Los depósitos tienden a ser más homométricos y rodados, y las estructuras son de dimensiones bastante grandes y perfectamente identificables. No obstante y debido al carácter grueso de los materiales, éstas son menos abundantes que en otros cursos fluviales con fracción arenosa dominante.

JACKSON (1975) y CHURCH y JONES (1982) realizan una clasificación jerarquizada de las formas que pueden encontrarse en los lechos de gravas. Por su tamaño, y en parte por la escala temporal en que se forman, distinguen cuatro clases de formas:

a) **Microformas**, con tamaño inferior a 1 metro. Se construyen en un tiempo muy inferior al que dura el paso de una onda de crecida (es decir, un evento) por un tramo fluvial. Incluyen:

- **"Transvers ribs"**; son acumulaciones de cantos imbricados dispuestos transversalmente al flujo y regularmente espaciados (DIAZ MOLINA, 1984), disminuyendo su tamaño aguas arriba. Se producen en periodos de alta energía y se depositan generalmente sobre los canales o sobre las barras longitudinales. A través de ellos se pueden deducir paleocorrientes e incluso parámetros de velocidad del flujo (KOSTER, 1978).

- **"Ripples"**; se dan en materiales finos sobre barras laterales o "point bars". No son frecuentes debido a la escasez de materiales finos, aunque los más frecuentes son los asimétricos.

b) **Mesoformas**, con un tamaño entre 1 y 100 metros formadas durante el paso de una onda de crecida. Incluyen:

- **Trampas**; son depresiones cóncavas de sedimentos finos, que se originan como consecuencia de un obstáculo que frena el flujo, generalmente grandes bloques (o troncos). La rugosidad que suponen estos obstáculos genera flujos helicoidales que frenan la velocidad del agua y facilitan la acumulación de la carga de menor tamaño en su parte posterior. Delante, sin embargo, se produce la deposición del material que el río transporta en suspensión y saltación. (Fotografías 6 y 7)

- **"Rills" o microcanales**; Son pequeños canales que cortan las barras y se dirigen desde las partes más elevadas de éstas hasta los canales principales. Son estructuras muy abundantes. (Fotografía 8)

- **Imbricaciones**; son las orientaciones preferentes de los cantos que se depositan solapándose unos a otros e inclinándose hacia la parte aguas arriba de la corriente. Este fenómeno se produce a lo largo de la mayor parte de los cauces.

- **"Riffles y Pools"**; en el fondo de cada uno de los canales se ve la alternancia entre zonas profundas o pozas, llamadas "pools" y otros puntos más someros o "riffles", que según DIAZ MOLINA (1984) parecen ser característicos de ríos con lechos de gravas e incluso de bloques como es nuestro caso. (Fotografía 8)

- **"Levéés"**; son pequeños diques naturales, compuestos por acumulaciones de cantos paralelos al cauce, generados en instantes puntuales de una crecida. Estas formas quedan, cuando el río recupera su caudal habitual, marginando el lecho e indicando cuál fue la superficie cubierta por el agua y cuál era la potencia del flujo en el momento de generar tal morfología (Fotografía 9)

c) **Macroformas**, entre 100 y 1000 metros; se construyen en tiempo igual o superior al de un evento hidrológico. Incluyen ondas de arena, lámina de gravas y barras unitarias.

d) **Megaformas**, con tamaño superior a 1000 metros; la escala temporal de formación oscila entre varios episodios hidrológicos y el tiempo de permanencia del régimen fluvial. Incluyen barras simples, barras compuestas y, en general, zonas de sedimentación que pueden cambiar internamente.

Evidentemente, en este trabajo se analizaron las macro y megaformas, que son las que caracterizan específicamente a los ríos de lechos de gravas. Se localizan, como ya se ha comentado, en tramos en los que el fondo del valle se ensancha de modo notable, lo que permite el desarrollo de estructuras sedimentarias.



Fotos 6 y 7. Bloques de gran tamaño actuando como trampas de sedimentos finos.



Foto 8. Riffles y pequeños microcanales.

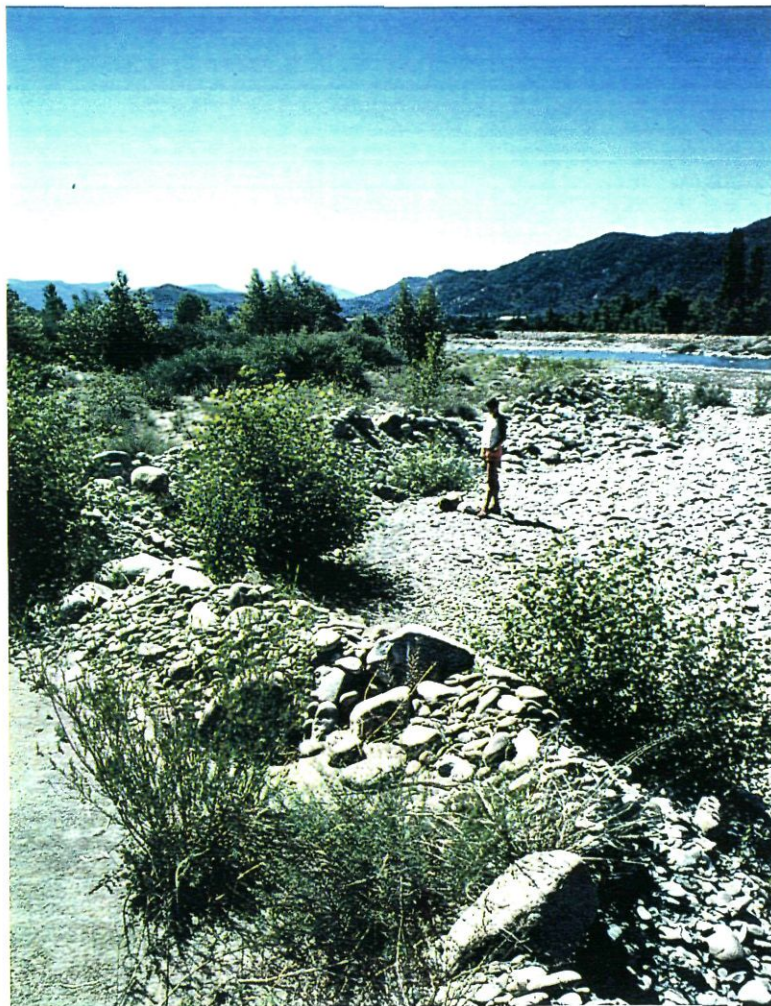


Foto 9. Levée: pequeño dique natural construido por el propio río.

5. CARACTERISTICAS DE LAS BARRAS FLUVIALES DEL RIO ARA.

El área de estudio la ubicamos, fundamentalmente, en dos zonas. La primera corresponde al curso superior del río Ara, entre las localidades de Broto y Sarvisé; mientras que la segunda, coincide con el curso inferior hasta su desembocadura en Ainsa en el río Cinca. La elección de estos dos sectores se debe a que en dichas zonas, el río adopta un modelado trenzado, con notable variedad de barras sedimentarias.

Tanto en el tramo de Broto como en el de Ainsa, se han seleccionado un total de 17 barras sedimentarias con el fin de proceder a un estudio más detallado y aportar así información sobre la organización superficial de las gravas y sobre los modos de crecimiento y destrucción de estas formas fluviales. Ya señalamos en un subapartado anterior que las barras constituyen el almacén clásico de sedimentos en un cauce fluvial, con un tiempo de residencia variable en función de las características hidrológicas del río (frecuencia e intensidad de las avenidas) y en función, también, de la forma y de las dimensiones del lecho, de manera que en ríos muy anchos el tiempo de residencia es normalmente mayor. Por ello, las barras cambian de forma con el paso del tiempo, a veces con períodos de recurrencia muy bajos. Un conocimiento exhaustivo de sus rasgos sedimentarios superficiales (que son los que sufren el impacto de las pulsaciones de corriente) contribuye a prever su tendencia futura y sus posibilidades de destrucción o crecimiento a corto plazo.

Como ya se ha explicado en el capítulo de metodología, se han efectuado varios transeptos o muestreos ($C_1 - C_n$), en los que se analizan las características granulométricas de los sedimentos localizados en superficie, procurando que los puntos de muestreo fueran, al menos, la cabeza (o extremo de aguas arriba), la punta (o extremo de aguas abajo), el centro de la barra y los márgenes, casi en contacto con el canal principal. En este apartado, sólo incluiremos información sobre la organización superficial de los sedimentos en

función de las dimensiones del eje de longitud (L). Más adelante analizaremos dirección y ángulos de buzamiento de los cantos completando la información de cuáles son los canales más activos y las direcciones predominantes de los mismos sobre las barras fluviales, en épocas de avenidas. Asimismo, hemos intentado caracterizar las poblaciones vegetales que colonizan el cauce del río Ara y que tan importante papel desempeñan en la inmovilización de los sedimentos que estudiamos.

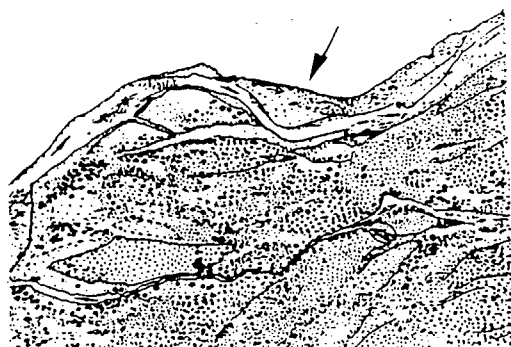
Comentaremos inicialmente, de forma breve, las características más elementales de cada una de las barras seleccionadas y posteriormente haremos una rápida valoración de conjunto, con el fin de extraer las conclusiones más destacadas. El seguimiento de los datos podrá efectuarse en la cartografía general del cauce del río Ara (año 1988) y de modo más detallado en los esquemas adjuntos presentes en este apartado.

5.1. LAS BARRAS FLUVIALES EN EL SECTOR DE BROTO

Aguas abajo de Broto, el río Ara se interna en un tramo inicialmente muy ancho, provocado por razones estructurales e hidromorfológicas: por un lado, el valle del Ara, experimenta una notable ensanchamiento al entrar en el sector del flysch eoceno y, por otra parte, recibe la incorporación del barranco de Otal, que drena una cuenca de notable dimensiones y que es capaz de formar un gran cono de deyección, controlado mediante la construcción de diques de contención de sedimentos poco antes del ápice. Este control es responsable de que una parte importante del cauce del Ara -la más afectada por antiguas avenidas del barranco de Otal- se encuentre muy colonizada por la vegetación, por lo que ha quedado al margen de nuestro trabajo.

Entre las barras a considerar tenemos:

Broto 05; es un "point bar" de 2.235 m² de superficie y con un canal secundario bien marcado, en el contacto de la barra con la



E= 1:8.000

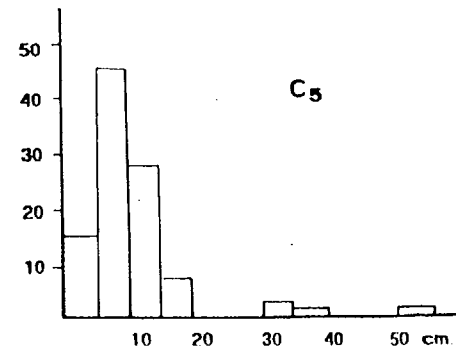
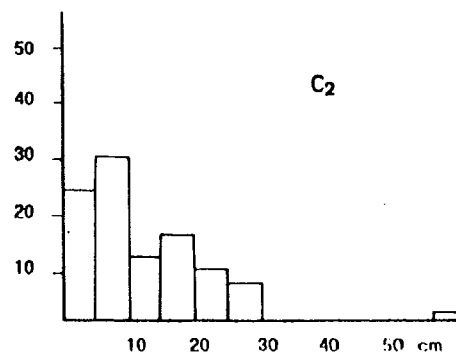
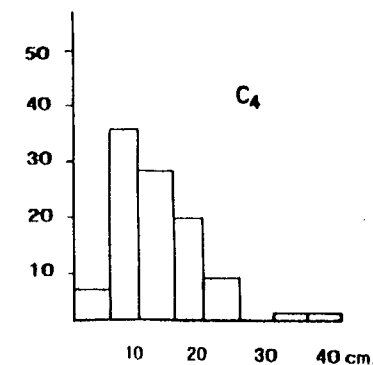
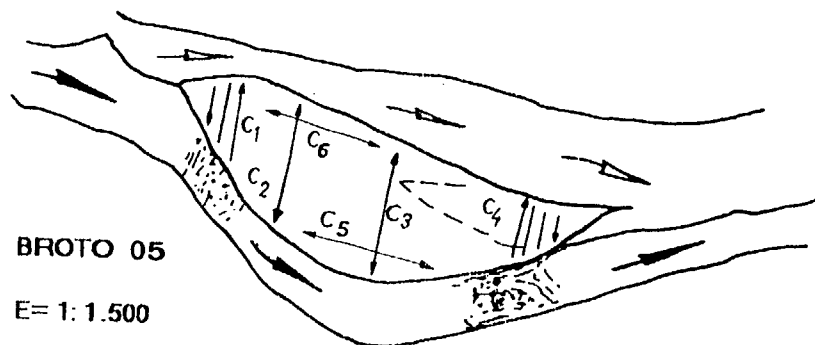
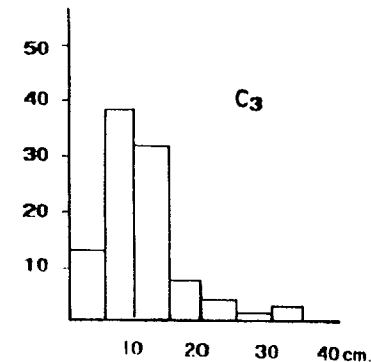
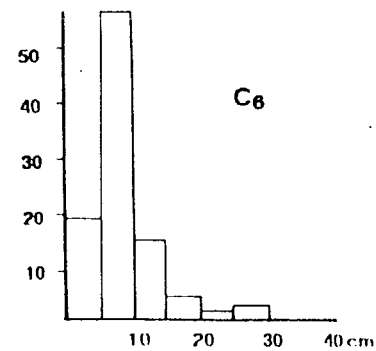
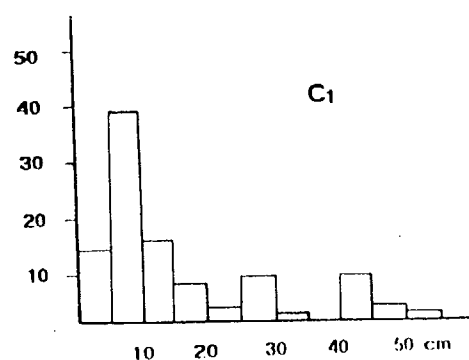
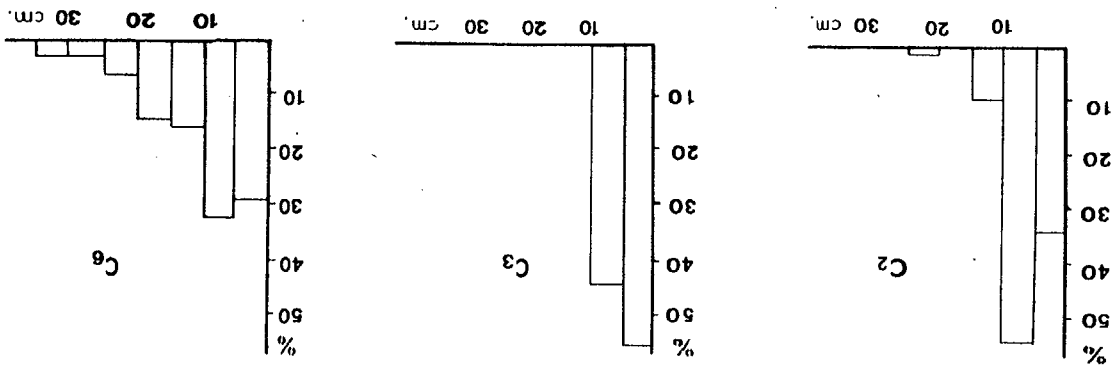
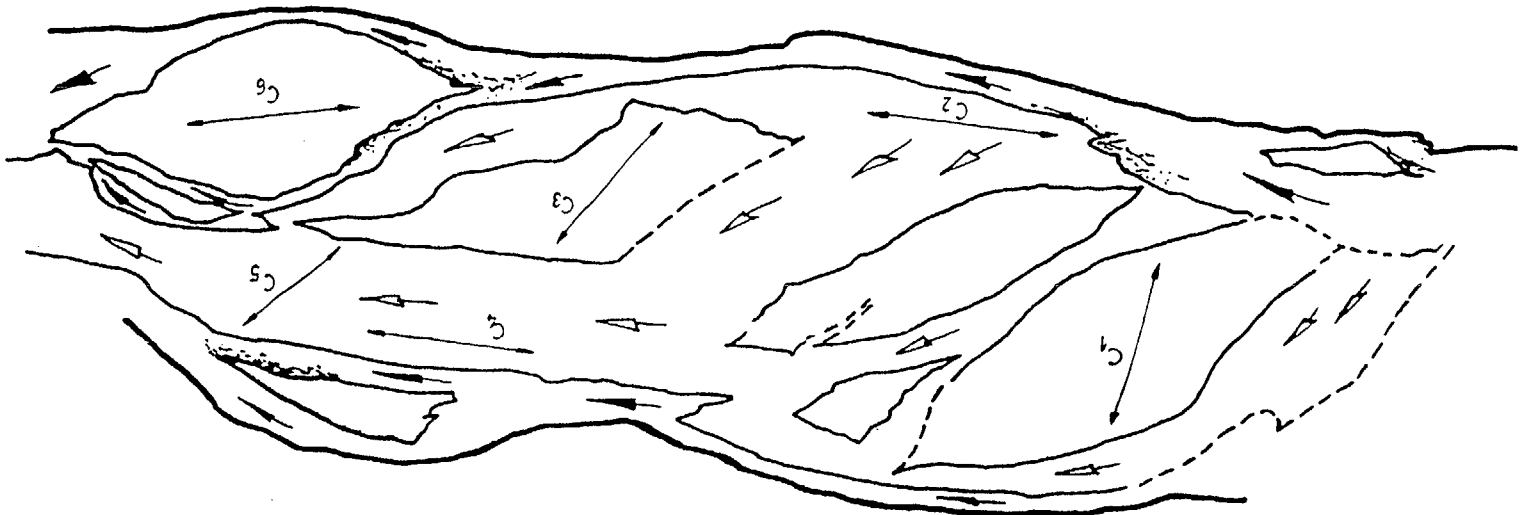


FIG. 20 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.

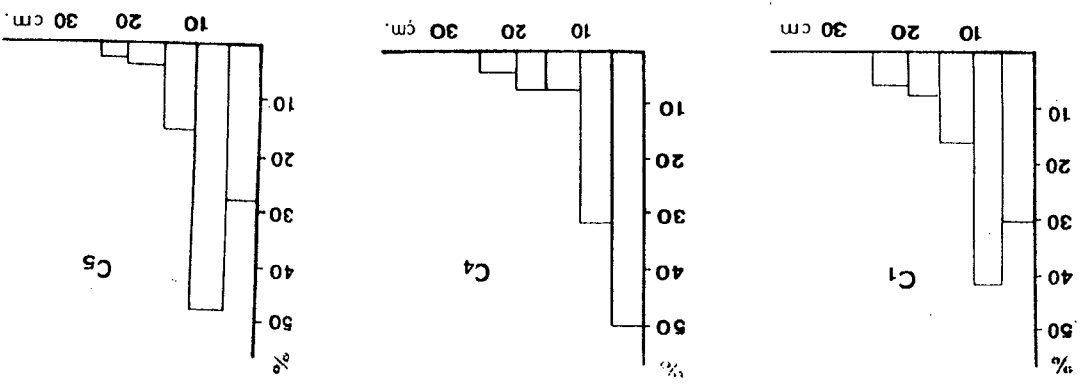
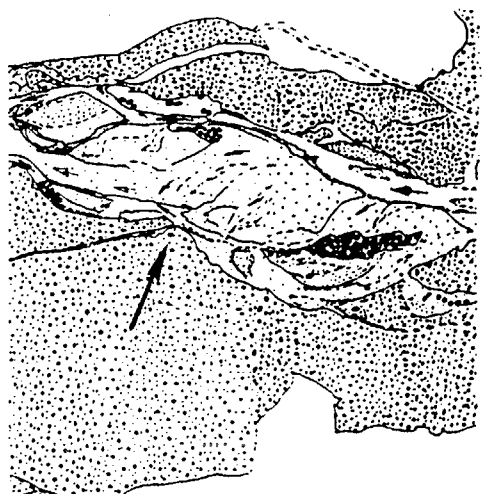
FIG. 21 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.



BROTO 07
E= 1:2.250



E= 1:8.000



orilla izquierda. En este conjunto se han realizado un total de seis transeptos ($C_1 - C_6$), cuya orientación y resultados aparecen en la figura 20. Se trata, de una barra simple, joven y sin adiciones sedimentarias posteriores, como demuestra la escasa vegetación que en ella se instala. Únicamente, el sector de la punta y margen interna de la barra, se ha visto favorecido para que se acomoden algunas plantas con amplia red reticular como Agrotis stolonifera o Arenaria oscensis. También aparecen pequeños sauces (Salix eleagnus Subsp. angustifolia) que ayudan a fijar los depósitos.

Entre el canal principal y la barra existe una rampa de contacto muy suave, lo cual es característico de los "point bars" que se forman en la parte interna de un meandro, en este caso de ligera incurvación.

Existe una organización de los sedimentos de mayor a menor tamaño, desde la cabecera de la barra a la punta; los muestreos C2 y C5, con tallas que alcanza hasta los 60 cm. demuestran, la gran capacidad de transporte del canal principal frente al canal secundario que únicamente acarrea cantos con un máximo de 35 cm.

Broto 07; es una barra de estructura sedimentaria bastante compleja y con una extensión de 25.265 m². Esta formada por la superposición de sectores jóvenes con otros más antiguos. Estos últimos, se pueden observar a la altura de los muestreos C1 y C6 (ver mapa de situación Fig. 21) ya que aparecen diversas comunidades arbustivas y arbóreas formadas fundamentalmente por Salix eleagnus Subs. angustifolia, Populus nigra y en menor medida Scrophularia canina.

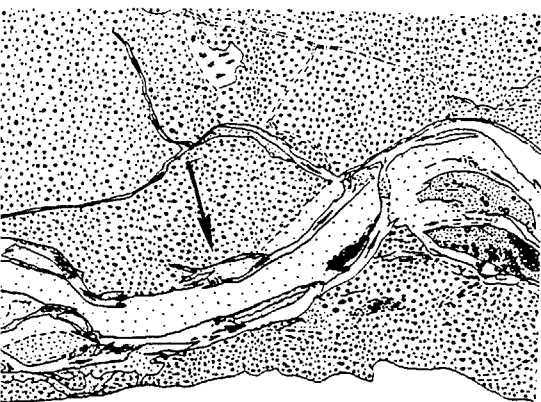
Respecto a los sectores jóvenes, de construcción muy reciente, observamos numerosos canales semiincididos que indican la importancia de la dinámica actual. En realidad, aunque en aguas bajas, esta barra forma una unidad relativamente homogénea; en periodos de crecidas medias existe importante circulación de agua por la superficie, abriendo amplios canales secundarios sobre los que inciden las aguas en las fases de recesión de las crecidas.

Se trata pues, de un excelente ejemplo, de cómo en un río muy dinámico, las estructuras sedimentarias pueden evolucionar con mucha rapidez: se forman grandes depósitos que muy poco después, sin dar tiempo a la instalación y progresión de comunidades vegetales que avancen hacia estadios más maduros, son invadidos por nuevas crecidas, que instalan cauces secundarios y crean nuevas estructuras sedimentarias de menor tamaño. Se rompe, de esta forma, la posible organización interna de la barra original que sufre de manera directa los embates de crecidas posteriores. Así, puede apreciarse, cómo las estructuras antiguas han sido cortadas por canales menores (secundarios) que seccionan transversalmente la barra para comunicar los dos cauces principales que la bordean lateralmente.

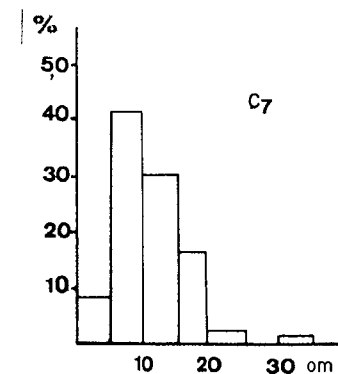
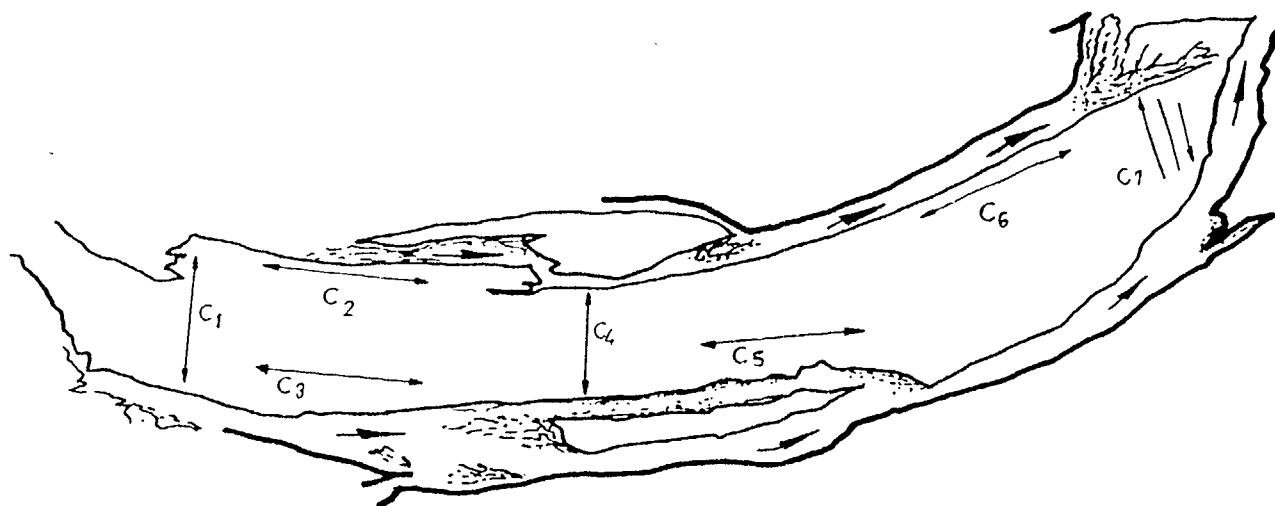
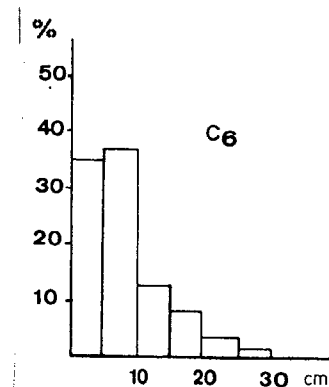
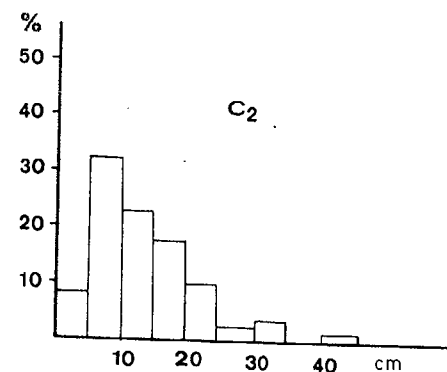
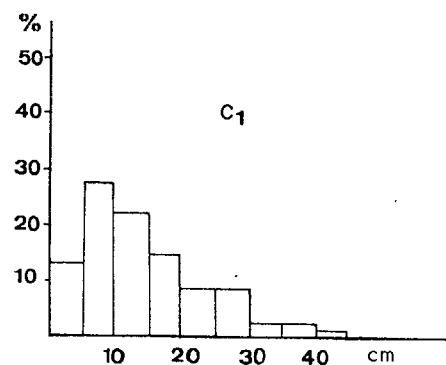
Las características granulométricas de los sedimentos confirman la complejidad estructural de la propia barra. Así, los sectores más gruesos aparecen en la cabeza de la misma (C1), donde el impacto de las avenidas barre los materiales de menor tamaño. Hacia aguas abajo, el muestreo C3 indica un marcado descenso de tamaño, tendencia que no acaba de cumplirse en la punta de la barra (muestreo C6), donde de nuevo aparecen algunos sedimentos gruesos. Es importante considerar que en el transecto C5 se produce un incremento aparentemente anómalo del tamaño de las gravas, pero se explica por haberse realizado en un cauce secundario, donde el paso de las avenidas de frecuencia media debe efectuar una labor selectiva.

Comparando el tamaño medio de los sedimentos de la barra 07 respecto al conjunto de barras muestreadas en el sector de Broto (Tabla 8) se observa una disminución en las dimensiones medias de los cantos, en la punta (51,9 cm.) y márgenes de la barra (66,6 cm.), siendo ambas cifras las más bajas de este tramo.

Broto 08; corresponde a una barra lateral o "point bar" de 13.617 m² de extensión. Es uno de los mejores ejemplos de barra homogénea, formando un continuo sedimentario en el que no pueden distinguirse sectores de edad diferente; si bien, puede observarse en la fotografía aérea del año 1988 que la cabeza es producto de una



E= 1:8.000



BROTO 08

E= 1:2.250

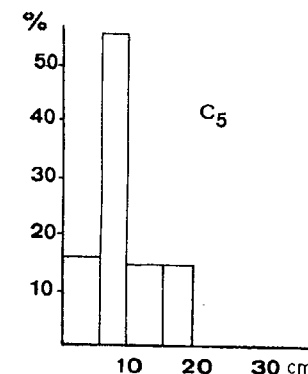
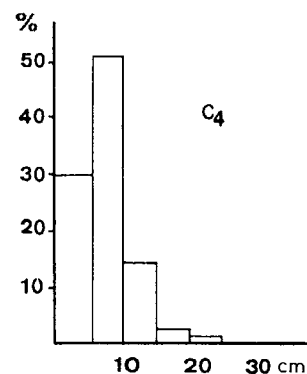
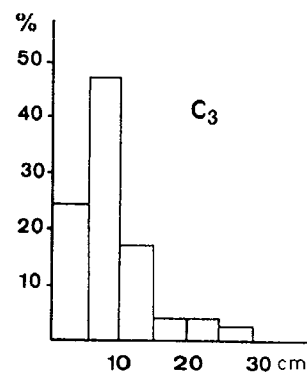
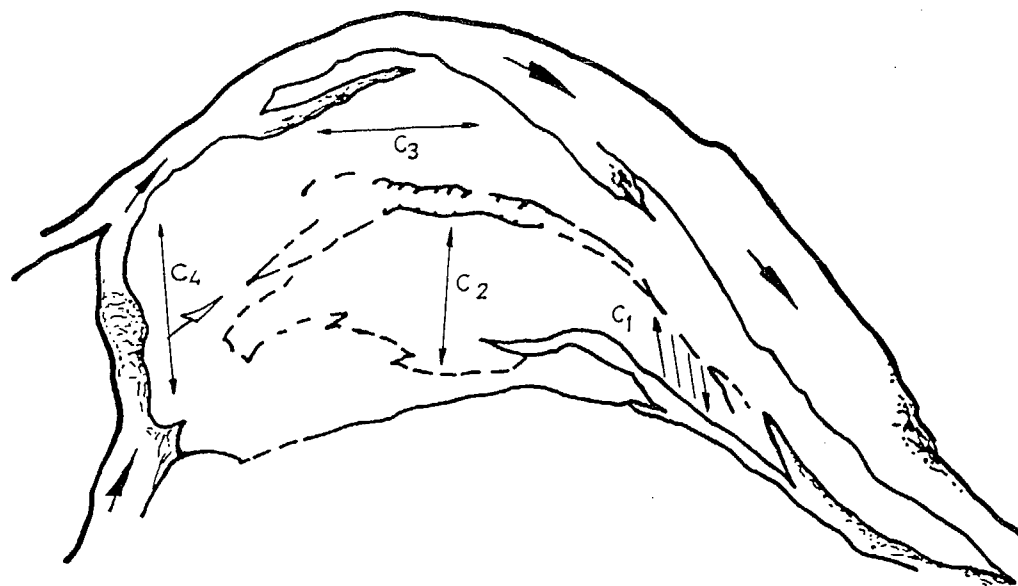
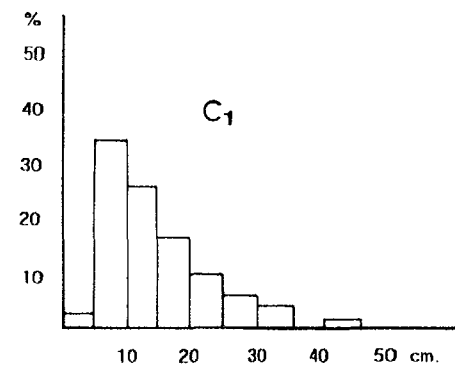
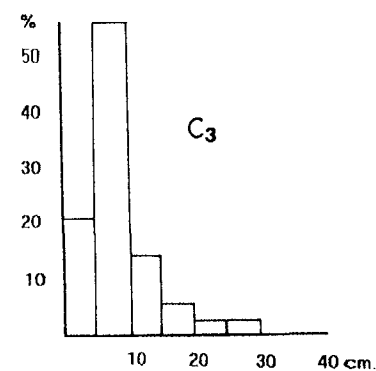
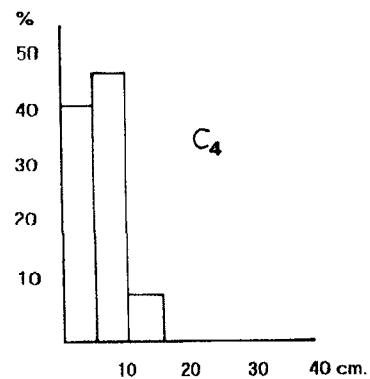


FIG.22 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.



E= 1:8.000



BROTO 09

E= 1: 2.250

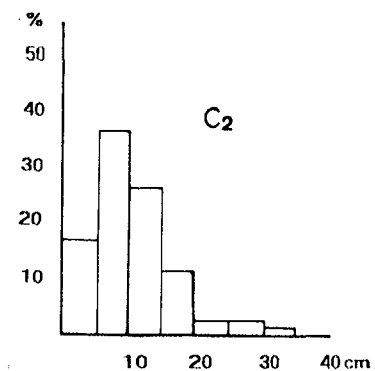


FIG. 23 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.

invasión algo más reciente, a modo de lámina de sedimentos, donde se abandonan algunos de los elementos transportados durante las avenidas (troncos de árboles, bloques de gran tamaño) en un sector que la topografía aumenta la rugosidad y favorece la deposición.

Respecto a la colonización vegetal es muy incipiente. Únicamente en la margen derecha frente al muestreo C6 (ver esquema de situación fig. 22) se instala un pequeño grupo de Salix eleagnos Subsp. angustifolia con pequeños claros en el que se establece un heterogéneo grupo de plantas como Clematis vitalba, Tussilago farfara, etc.. Con ello se confirma que se trata de una barra homogénea, sin sectores especialmente antiguos, todavía muy dinámica, al soportar el paso frecuente de avenidas, lo que dificulta el avance de la sucesión vegetal. Su juventud se pone de manifiesto además en la ausencia de canales transversales que crecen en diagonal a la barra, como sucede en otras más antiguas.

Granulométricamente, la cabeza de la barra, concentra los sedimentos de mayor tamaño. De hecho, el muestreo C1, posee pocas gravas de menos de 10 cm. siendo el intervalo más frecuente entre 10 y 30 cm. con algunos ejemplos entre 40 y 45 cm. Posiblemente sean estas zonas (cabecera), con gravas más grandes, los primeros en depositarse, construyendo trampas sedimentarias a partir de las cuales se queda material de menor granulometría, obligando a crecer a las barras hacia atrás (KOTARBA, 1987).

Comparamos los histogramas de las distintas márgenes podemos observar un mayor porcentaje de los elementos más gruesos en la margen izquierda (indicando una mayor competencia del canal de dicha margen). El tamaño de los sedimentos va disminuyendo algo hacia la punta, aunque con un valor medio inferior al esperado (113,4 cm.), siendo el material de la zona centro el de granulometría inferior (76,2 cm.).

Broto 09; es uno de los "point bars" mejor representados en este tramo del río Ara, su tamaño es de 15.400 m²; corresponde a un meandro muy incurvado, compuesto por dos unidades claramente

diferenciadas: la más antigua situada en el centro interno de la barra, se encuentra bastante bien colonizada por la vegetación, como se observa en el esquema de situación (Fig.23). La fisonomía de esta comunidad es de un matorral de media altura con bastante recubrimiento. Se instalan algunos Salix eleagnus y pequeños Populus nigra, pero las plantas más frecuentes que aparecen son Plantago sempervirens y Gysophila repens. Este antiguo sector, se encuentra subdividido de los sedimentos más recientes, por la instalación de un pequeño e incipiente canal secundario, en el que se establece una planta típica de estos subambientes: Mentha longifolia.

La parte más reciente ha crecido en dos sentidos: por una lado, hacia la orilla contraria, aumentando la curvatura del meandro y el tamaño de la barra (muestreo C3); y por otro lado, mediante láminas de sedimentos que se superponen sobre la parte antigua, en momentos de avenida, pasando el agua por encima de la barra y siguiendo la vía más recta (C2). Todo esto queda ratificado a su vez, con el estudio direccional de cantos que desarrollaremos en el siguiente apartado (Fig.43). Se trata pues, de una barra edificada en tres fases existe un núcleo con mayor intensidad de población de árboles y arbustos y casi completamente intacto, aunque granulométricamente sólo hemos estudiado los dos núcleos más cercanos al canal principal. Estas distintas fases, que poco a poco han ido modificando la forma de la barra hasta hacerla mucho más curva, han permitido progresar al río hacia la orilla izquierda, dónde actualmente ataca a la zona distal del cono de deyección del barranco de Chaté (en las cercanías de Sarvisé).

El trazado actual del río pudiera verse acortado si sus aguas siguieran el actual canal secundario, que separa el sector nuevo de la barra del antiguo.

La organización interna de los materiales es totalmente caótica, al no responder a ningún modelo predecible, exceptuando el borde externo (muestreo C3), en contacto con el canal principal donde se localizan cantos de hasta 30 cm. Esta anormal organización de los



E= 1:8.000

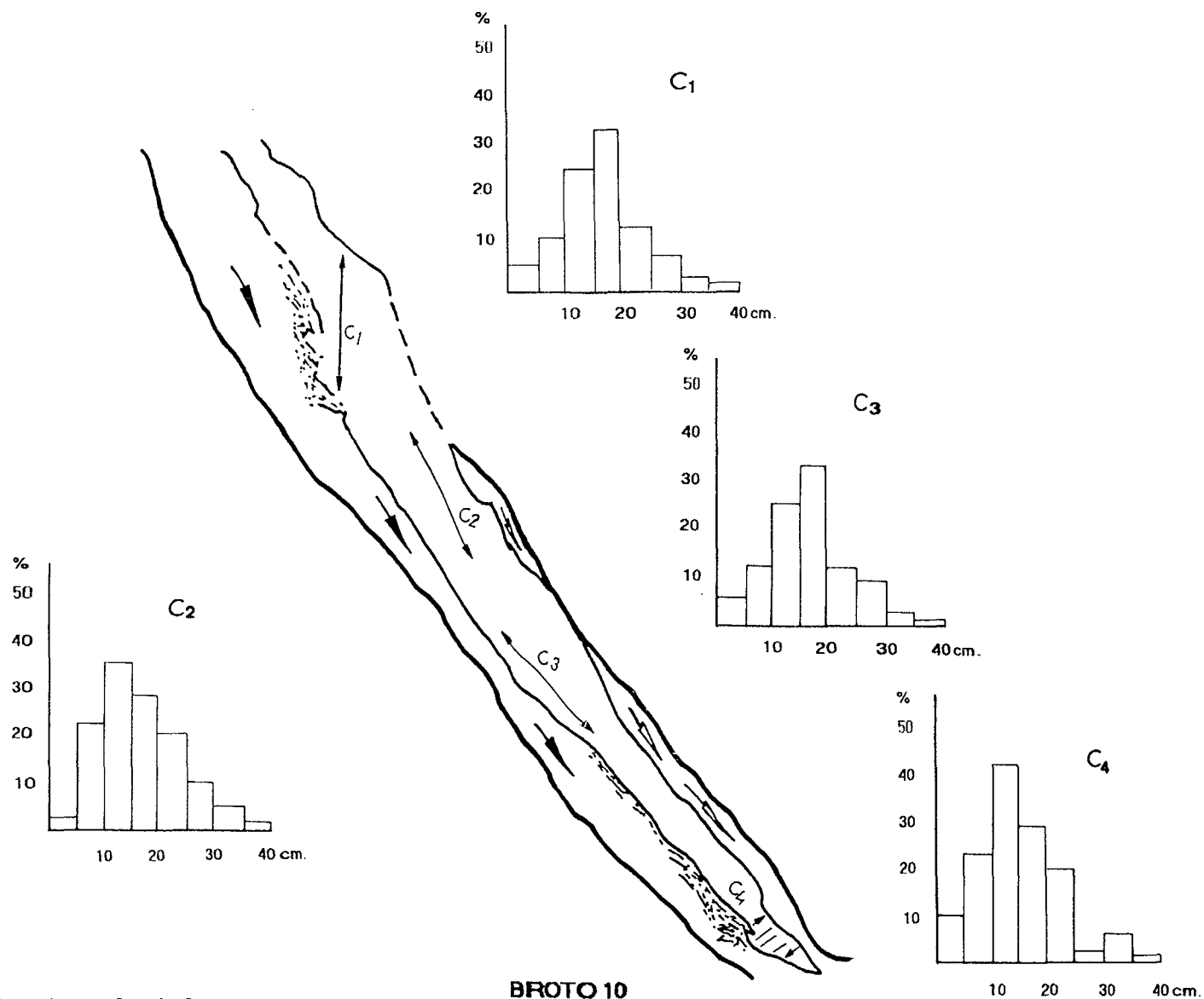


FIG. 24 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.

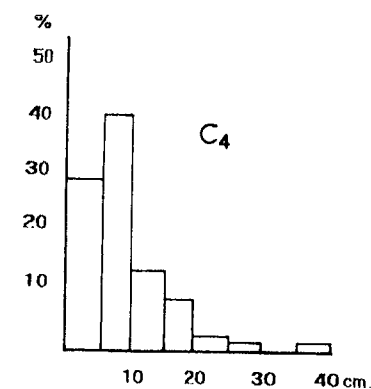
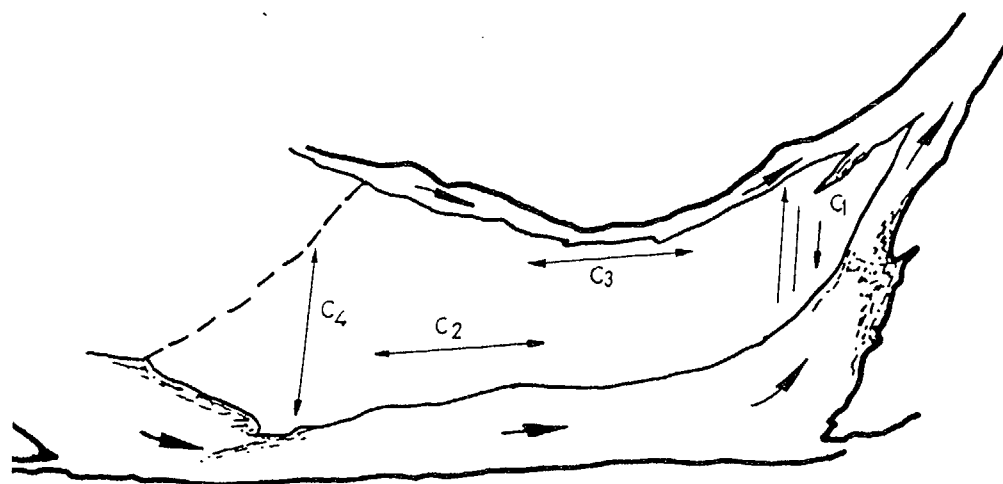
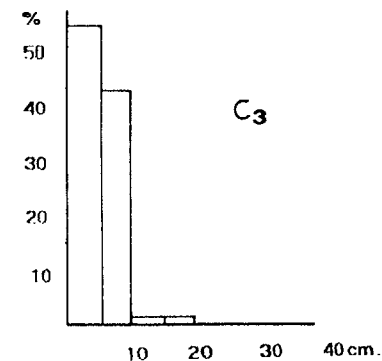
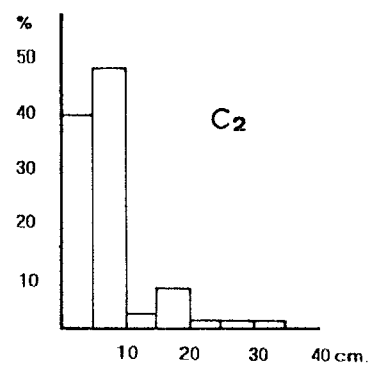
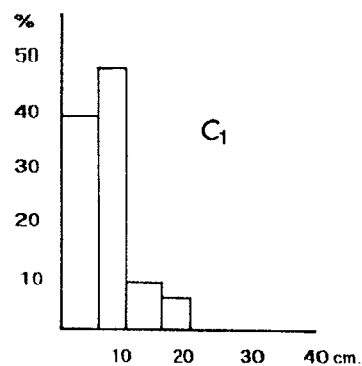
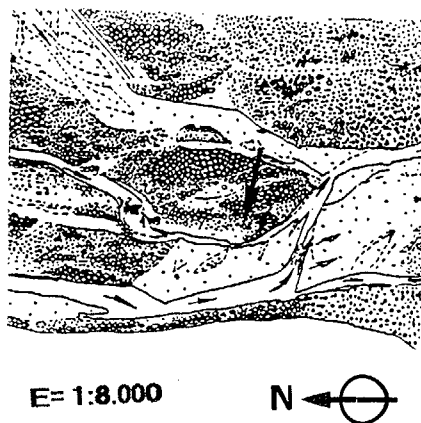


FIG. 25 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.

sedimentos puede ser debida al freno que sufre la corriente al verse obligada a cambiar bruscamente de dirección.

Por su parte los valores medios del tamaño de los sedimentos, reflejan esa anomalía representada en los histogramas, presentando los valores mínimos en la cabeza de la barra (64,2 cm.) y máximos en la punta (151 cm.) y centro (110 cm.) (Tabla 8).

Barra 10; tiene una extensión de 6.090 m² aproximadamente, no se adscribe fácilmente a ningún modelo reconocido de barra. Podría considerarse como un "point bar" muy alargado que tiende a barra lateral. En realidad, ha crecido entre el canal principal y otra barra más antigua (ver cartografía general año 1988) de la que de hecho forma parte, aunque queda separada de ella por un canal secundario.

La vegetación en esta barra es incipiente, no existiendo elementos vegetales de porte arbustivo. Únicamente aparecen las primera plantas colonizadoras típicas de grava como: Chaenorhinum origanifolium, Gypsophila repens o Paronychu kapela subsp. serpyllifolia lo que indica, cuan proclive es esta barra a las inundaciones. De hecho, si nos fijamos en la cartografía general y en los histogramas granulométricos (Fig. 24), podemos observar que en realidad (y como hemos dicho anteriormente) forma parte de la cabecera de otra barra de dimensiones mucho mayores. Esto se refleja claramente en la homogeneidad y gran tamaño de todos los sedimentos, llegando a medir en todos los casos hasta 40 cm. Por otra parte la tabla de valores medios de los sedimentos, reafirma esta sugerencia, destacando únicamente las márgenes como los elementos más groseros, con una media de 128,6 cm. (Tabla 8).

Broto 11; Con un tamaño aproximado de 7.392 m², es un apéndice añadido, aguas abajo, a una barra compuesta. Se trata de una barra apuntada, en forma de flecha. Los sedimentos son muy recientes, sin que apenas se instale vegetación arbustiva entre ellos. Únicamente aparecen grupos heterogéneos de Tussilago farfara, Equisetum ramosissimum, Potentilla reptans etc., indicando, de nuevo, la

importancia y frecuencia del flujo del agua que no permite que se instalen plantas más duraderas.

Durante las avenidas, se comporta como una barra diagonal, pues la corriente pasa oblicuamente por encima del depósito (como se observa en el estudio direccional de los cantos, Fig.25), abriendo pequeños canales que se encajan aguas abajo hacia la parte interna y desembocan en el canal secundario. En el canal principal se forma "riffles" muy marcados, sobre todo cerca de la punta de la barra, indicando bruscos cambios de pendiente del cauce.

El tamaño de los sedimentos, como indican los histogramas, disminuye claramente de cabeza a punta con una margen derecha (muestreo C2) de materiales muy gruesos, que indica el paso de láminas de aguas importantes en épocas de avenidas.

Broto 12; es una de las barras de mayor tamaño, 32.660 m², está compuesta por un núcleo antiguo (parte se sale de la zona de muestreo) en el sector más alejado y elevado del efecto de las avenidas; mientras que la zona más amplia de la barra dominan los sedimentos recientes, aportados por diversos canales que atraviesan longitudinalmente la estructura y que a la vez, la subdividen en pequeñas barras (Fig 26).

La vegetación nos indica claramente la frecuencia del paso del agua de estos canales, instalándose sólo en las zonas más elevadas. Tussilago farfara, Equisetum ramosissimum o Potentilla reptans, siguen siendo las especies de mayor presencia, quedando reducido Salix eleagnos y Populus nigra a los sectores más antiguos y por tanto más estables de la barra.

El crecimiento principal del depósito se da en la cabecera, donde se localizan los cantos de mayor tamaño, con una talla media de 83,3cm., mientras que en la punta tan sólo llega a 67,1 cm. (Tabla 8).

Broto 13; es una barra longitudinal, muy apuntada hacia aguas abajo; con una superficie de 35.415 m² es la mayor barrada muestreada

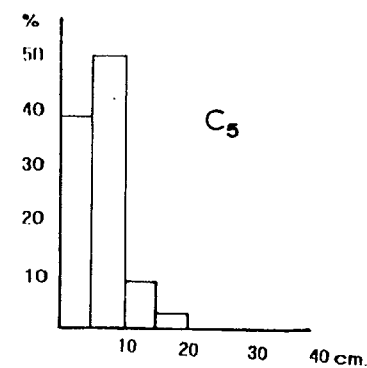
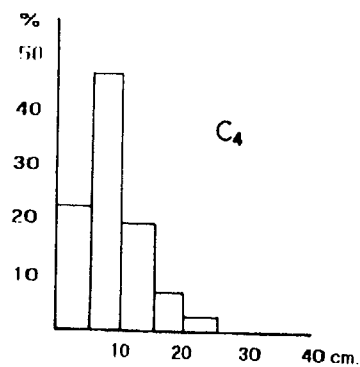
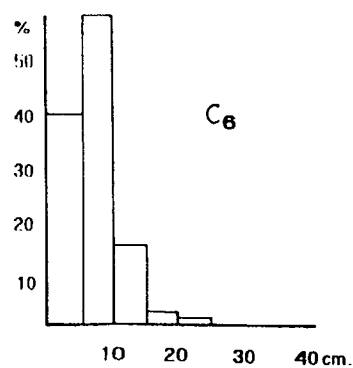
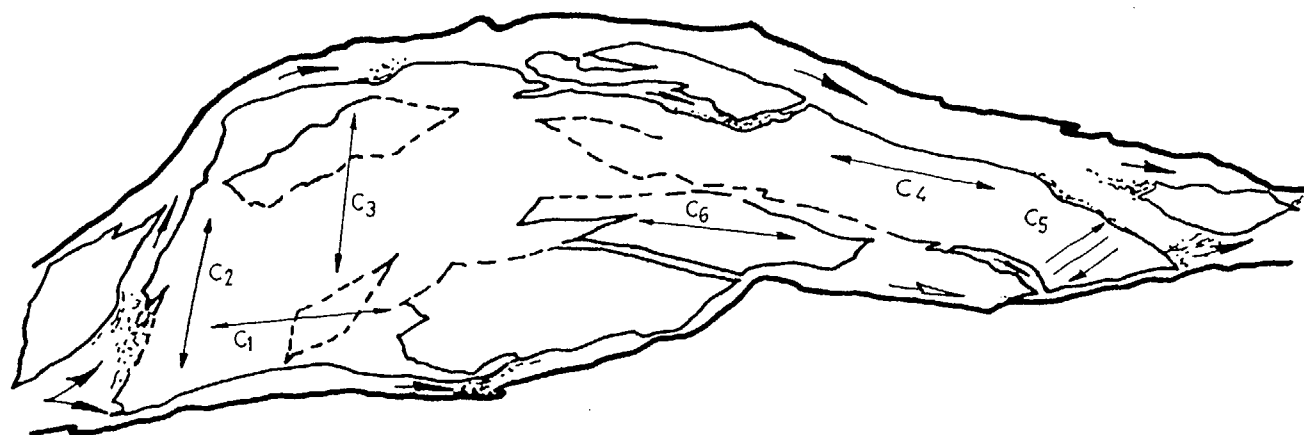
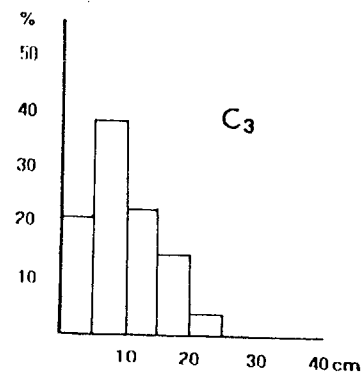
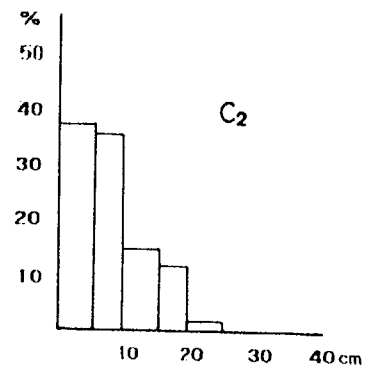
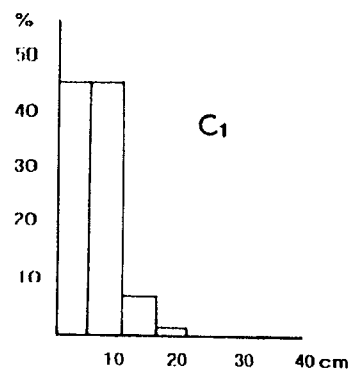
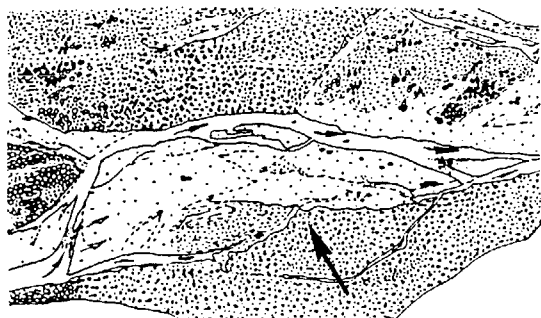
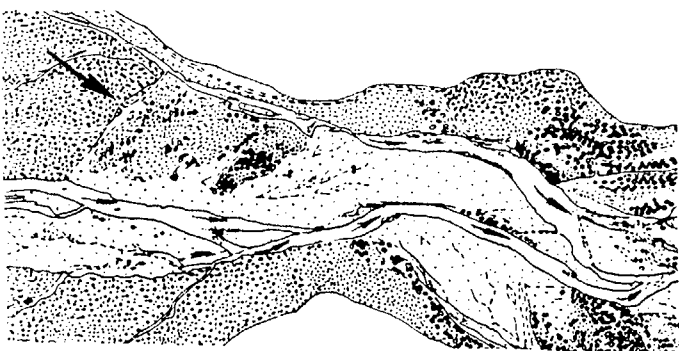


FIG. 26 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.



E= 1:8.000

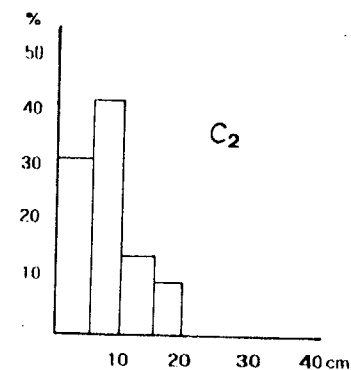
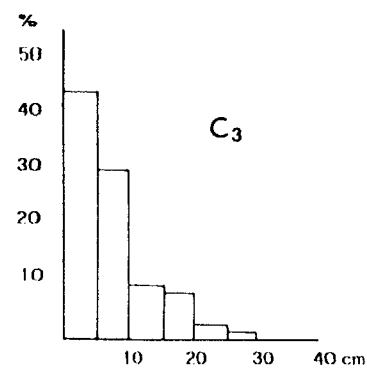
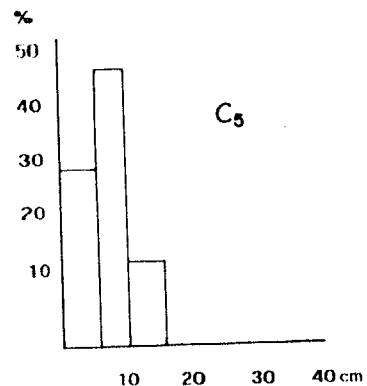
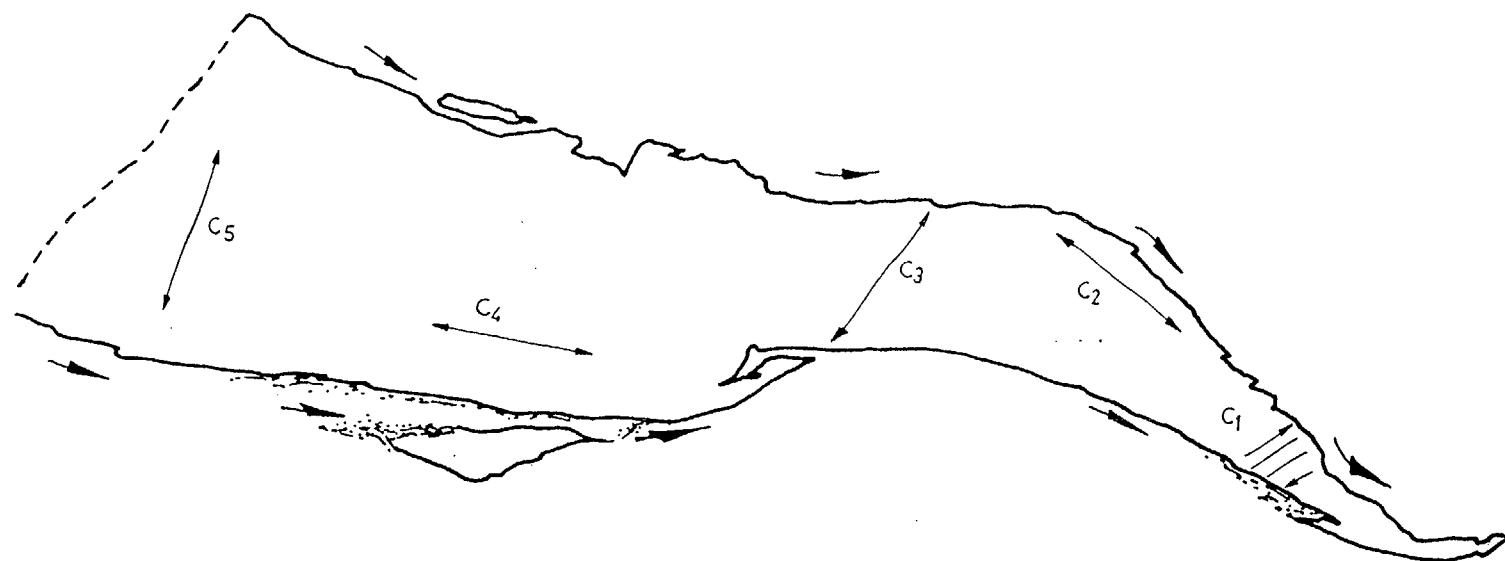
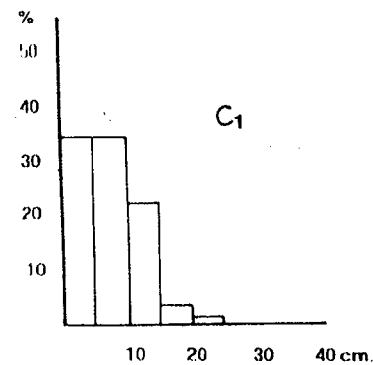
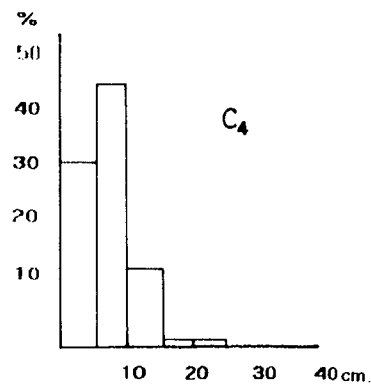


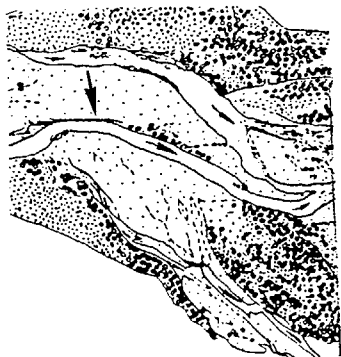
FIG. 27 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes sub-ambientes de la barra.



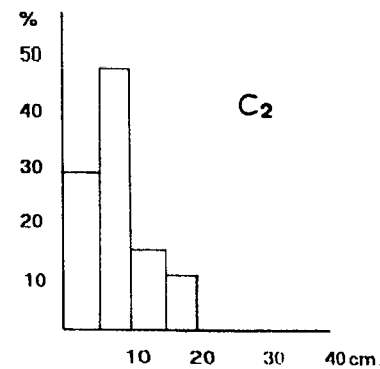
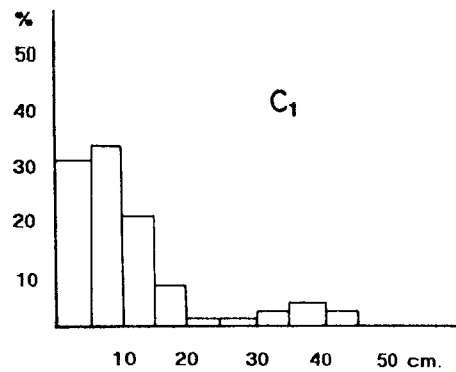
BROTO 13

E= 1: 3.100





E=1:8.000 N ←



BROTO 14

E=1:2.250

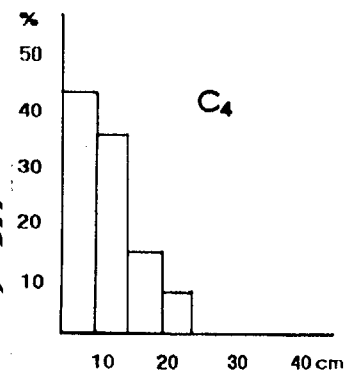
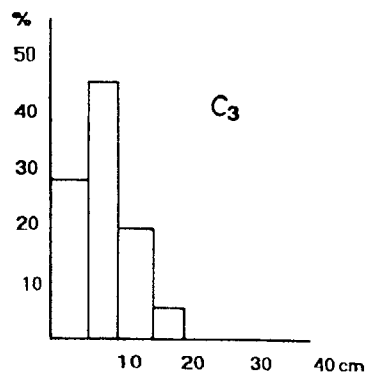
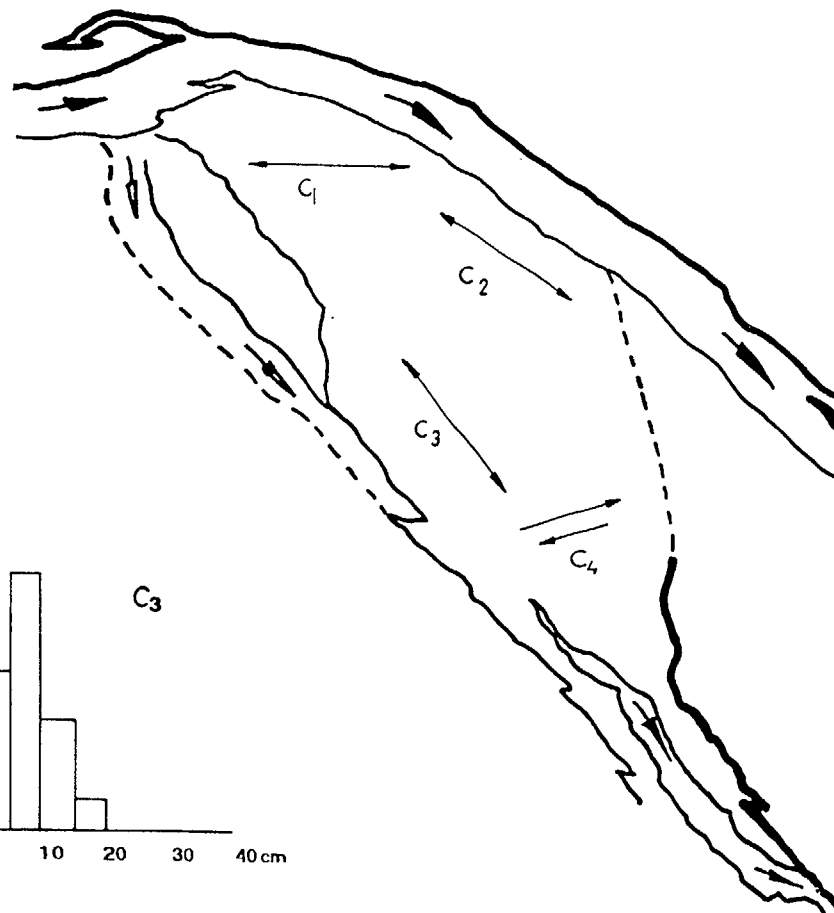


FIG. 28 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.

en la zona de Broto. A la altura del muestreo C5, conecta progresivamente, con un sector más antiguo, hasta enlazar con sedimentos fluviales totalmente fitoestabilizados. En los depósitos más recientes existe una escasa cobertura vegetal, siempre de carácter pionero y con gran capacidad enraizadora, como las gramíneas Agrotis stolonífera y Festuca rubra. A medida que nos acercamos a los sedimentos más antiguos, la vegetación se hace más densa, mezclándose especies de tipo continental (Genista scorpius, Boxus sempervirens, Pinus nigra) con otras típicas de ribera (Salix eleagnos, Populus nigra).

El crecimiento de esta barra, se produce en dos sentidos, lateralmente y sobre todo por la punta (Fig.27). En cambio, el crecimiento es muy difícil por la cabecera ya que no tienen fácil acceso las aguas. Prueba de ello es que cuenta con el tamaño de gravas más pequeño, 15 cm., indicando que la corriente no es de muy alta energía. Respecto a los valores medios granulométricos, vuelve a reflejar, lo anteriormente dicho: el valor más bajo le corresponde a la cabeza con 69.5 cm., mientras que en la punta, centro y márgenes son bastantes homogéneos 80.5, 75.3, y 79.8 respectivamente (Tabla 8).

Barra 14; su superficie es de 13.300 m². Tiene una estructura muy joven, poco definida morfológicamente, aunque si observamos su situación (Fig.8), vemos que se trata de una barra formada a partir de otra más antigua, como demuestra tanto la topografía más alta, de dicha zona sobre el lecho del río (alrededor de un metro), como la colonización vegetal. La barra antigua ofrece un matorral de media altura, con un recubrimiento más denso, a medida que nos adentramos en su zona menos funcional. Las especies dominantes son Boxus sempervirens, Ligustrum vulgare, Genista scorpius, etc.. Acercándonos a los sedimentos más recientes, la talla de la vegetación disminuye considerablemente y la cobertura vegetal se hace mucho menos densa, apareciendo grupos heterogéneos de Plantado senpervirens, Scrophularia canina, etc.

La barra muestreada, se encuentra separada de la margen derecha del río, por un canal secundario y a la vez está atravesada por otros de funcionamiento muy esporádico. Observando la fotografía aérea, el estudio de la granulometría y el buzamiento de los cantos (detallado en la Fig.49), podemos deducir las posibles direcciones de crecimiento y formación de la barra:

- En la cabecera existe un punto de inflexión de la corriente, donde se depositan los cantos más gruesos (45 cm.), indicando corriente de muy alta energía.

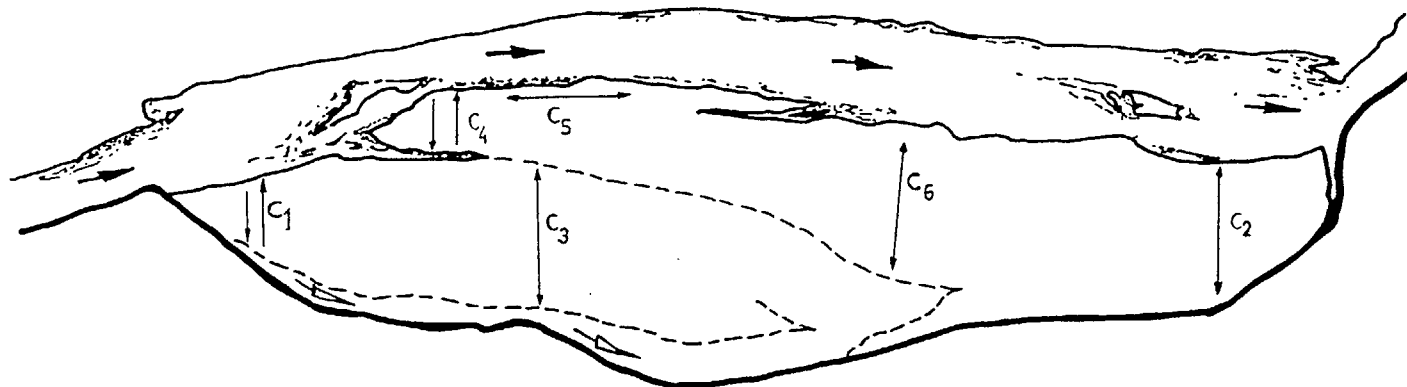
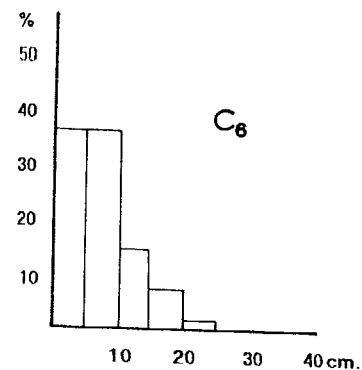
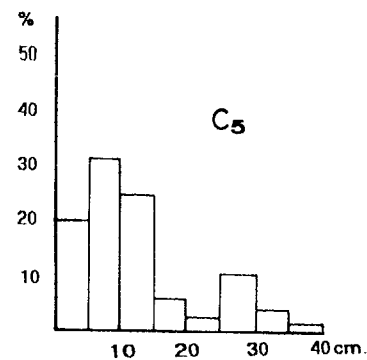
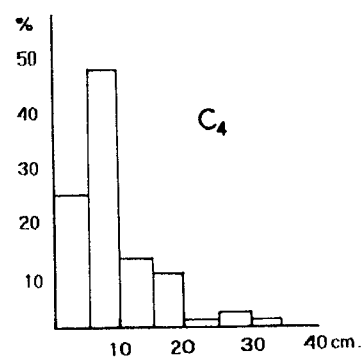
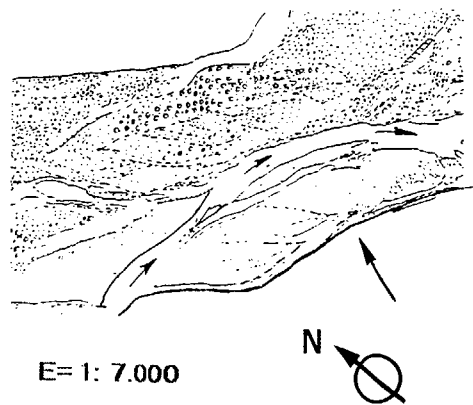
- Las muestras C2, C3 y C4 (con características granulométricas muy parecidas) sugieren que las avenidas siguen el camino de pequeños canales ya trazados, depositando las gravas y cantos a su paso.

- Por último cabe destacar, el alargamiento de la punta de la barra, debido, posiblemente, al aporte de material arrastrado por el canal secundario.

5.2. LAS BARRAS FLUVIALES EN EL SECTOR DE AINSA

Este tramo del río, al igual que el estudiado anteriormente, coincide con el sector cartografiado entre 1929 y 1988. Se forma después de que el río Ara ha atravesado mediante una garganta el anticlinal de Boltaña y penetra de nuevo en las margas eocenas de la Depresión Interior Altoaragonesa.

Ainsa 01; es una barra alargada con una extensión de 33.642 m². Está compuesta por dos unidades, una más antigua, topográficamente más elevada, con recubrimiento vegetal variable, entre las que encontramos Populus nigra, Eupatorium cannabinum o Gypsophyla repens entre otras. La segunda unidad presenta sedimentos más recientes entre los que se instalan algunas gramíneas y plantas pioneras. En la



AINSA 01
E= 1:3.100

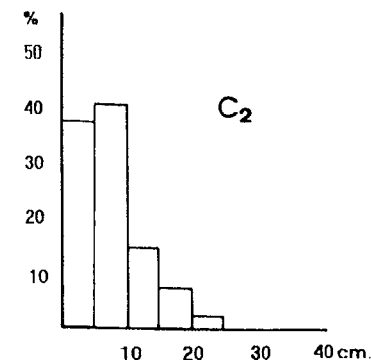
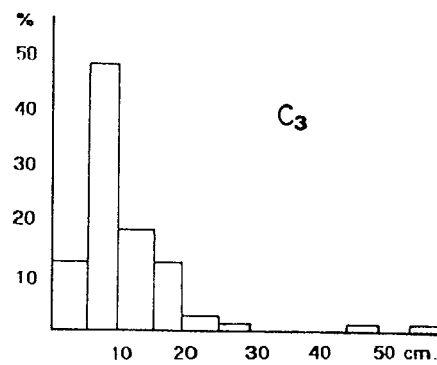
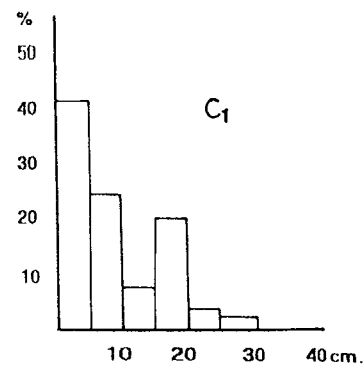
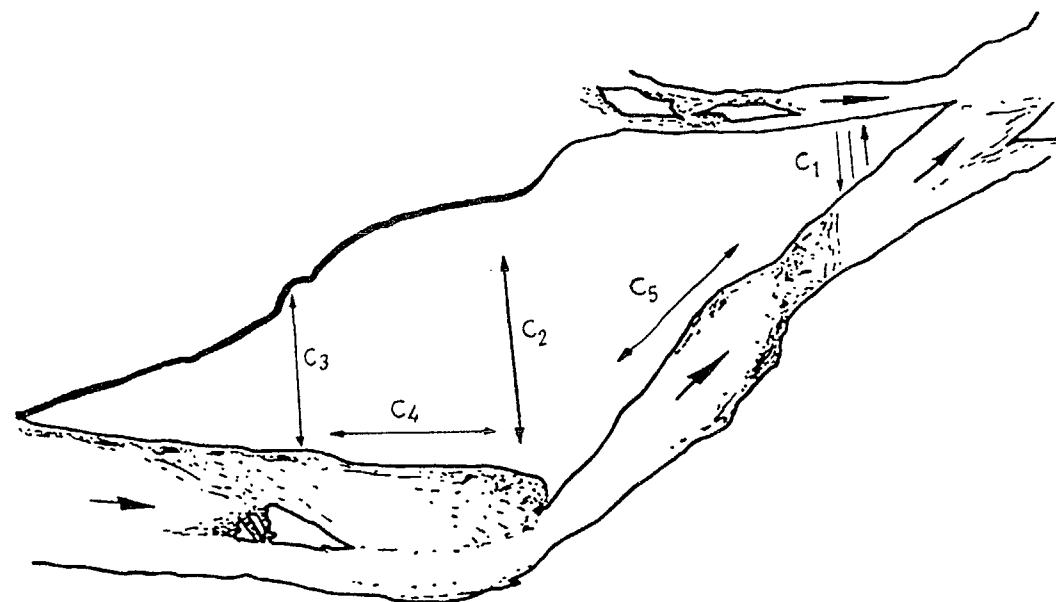
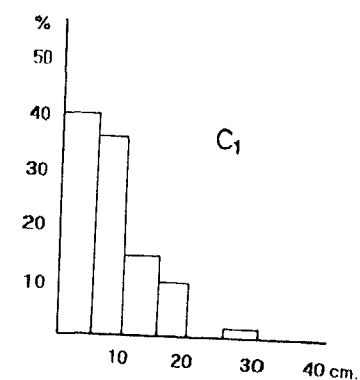
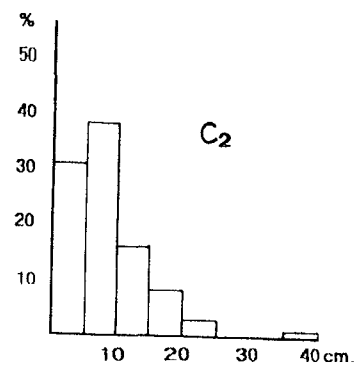
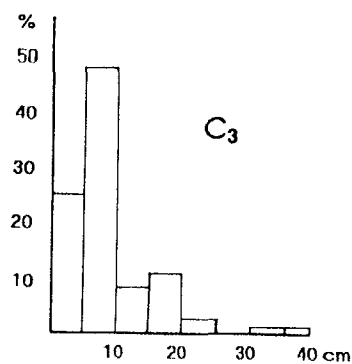
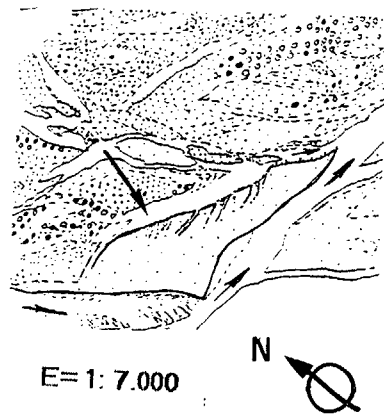


FIG. 29 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.



AINSA 02

$E=1:2.250$

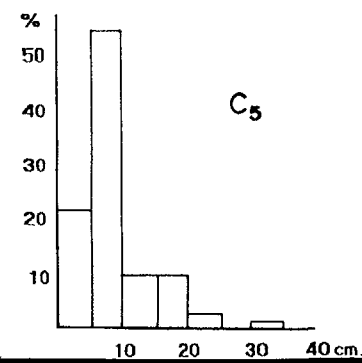
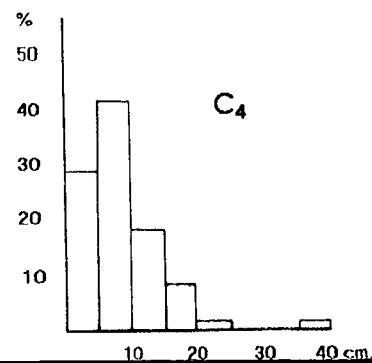


FIG. 30 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.

división, estas dos zonas, se encaja un pequeño canal, aprovechando, Mentha longifolia, la continúa presencia de agua (Fig.29).

Los histogramas granulométricos, nos informan de una mayor tamaño de los cantos en los muestreos de la margen derecha (C4 y C5), y sobre todo el central (C3) llegando incluso a medir bloques de hasta 60 cm. Ello indica una mayor actividad y energía de la corriente, en estas zonas, siendo, el muestreo de la punta de la barra (C2) el que, como viene siendo habitual, presenta mayor tamaño. El hecho de que el transecto (C1) ofrece una talla media menor de lo habitual, puede ser debido a que queda muy alejado de la trayectoria de los flujos de alta torrencialidad.

Ainsa 02; su superficie es de 12.472 m² aproximadamente. Constituye el extremo nuevo de una barra antigua, a su vez, subdividida por pequeños canales secundarios (Fig.30). La vegetación es muy escasa, reconociéndose algunas gramíneas (Hoculus lanatus y Agrostis stolonifera) y euforbias (Euphorbia nicaensis). En las zonas cercanas al arroyo secundario, se instalan pequeños grupos de Lythrum salicaria.

Analizando granulométricamente la barra, podemos comprobar que los sedimentos más gruesos se encuentran en la cabeza y centro de la barra (muestreos C3, C4 y C2), apreciándose claramente, el paso de corrientes de avenidas, que abren pequeños canales y desembocan en el canal secundario. Junto al sector C4, en el canal principal, existe un importante "riffle", que forma incluso una pequeña barra diagonal sumergida. Lo que puede indicar el futuro crecimiento de la barra en esta zona.

La talla media más pequeña de los sedimentos se registra en la punta de la barra, con 77 cm. (Tabla 9). Todos estos datos junto a las observaciones de campo (existe un escarpe en ese punto, de casi un metro y medio sobre el cauce actual) nos hace pensar en la fuerte erosión de esta zona de la barra.

Ainsa 03; con una extensión de 9.495 m², es un barra longitudinal que termina, al igual que la anterior, en un frente de avalancha, bastante sobreelevado (1 m.) respecto al canal principal (Fig.31).

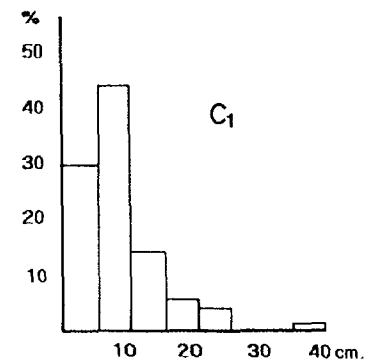
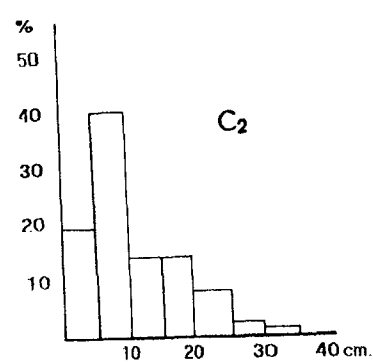
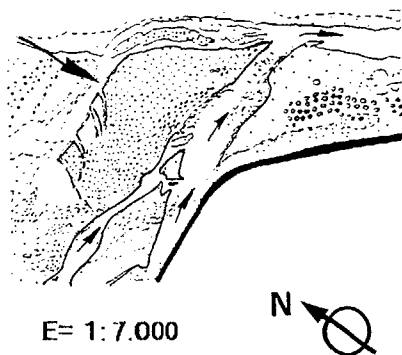
La cobertura vegetal es bastante densa, aunque con matorral y arbustos de pequeña y mediana altura (metro y medio los más altos). Como viene siendo habitual, las comunidades más frecuentes son de Salix eleagnos Subsp. angustifolia, Populus nigra y en menor medida Salix purpurea. Entre ellas conviven grupos esporádicos como Linum Campanulatum, Eupatorium cannabinum o Scirpus holorchoenus entre otras.

Granulométricamente, no cuenta con ninguna organización aparente de los materiales. La parte central de la barra es la que presenta el tamaño medio más alto, 112 cm. (Tabla 9) llegando a medirse en el muestreo C3 hasta 60 cm. En la punta de la barra se originan "riffles" que indican cambios en la pendiente del cauce.

Ainsa 04; se trata de una antigua barra lateral de 28.245 m² de superficie que ha sido atravesada por canales de avenidas e invadida por sedimentos recientes. De tal forma, que a la vez, que se fracciona en distintos sectores, también tiene un marcado crecimiento en la cabecera y margen derecha, como demuestra los pequeños depósitos que se alojan en el centro del canal principal (Fig.32).

Esta barra, en la clasificación sedimentológica de Miall, (1981), sería un ejemplo típico de barra compuesta, con estructura interna muy compleja, en la que aparecerían varios tipos de estratificación cruzada y cicatrices erosivas.

Respecto a la vegetación, existe una clara sustitución de las comunidades vegetales a medida que nos acercamos a la punta de la barra. En cabecera, abundan las especies pioneras adaptadas a las oscilaciones hídricas, aunque con recubrimiento escaso (Angrostis stolonifera, Holcus lanatus, Policaria dissenterica, etc.). A medida



AINSA 03
E= 1:2.250

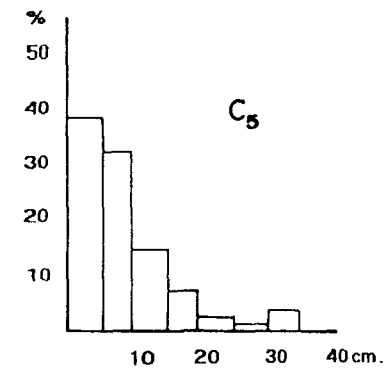
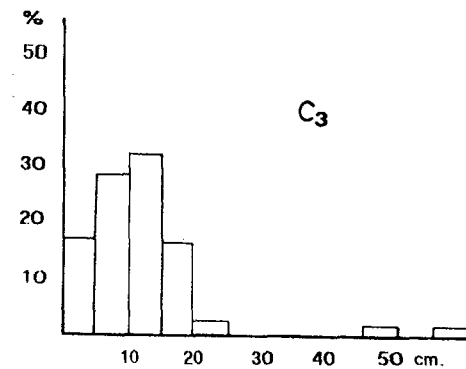
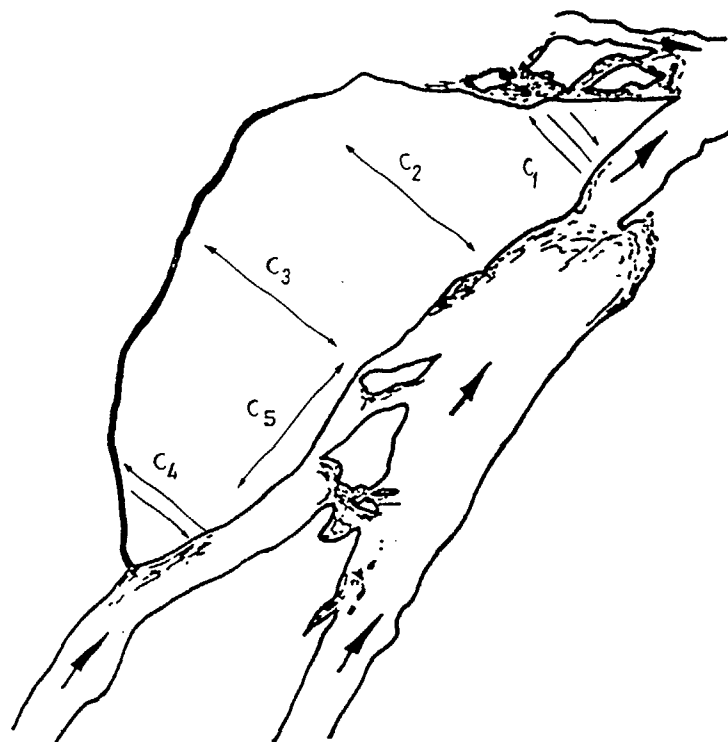
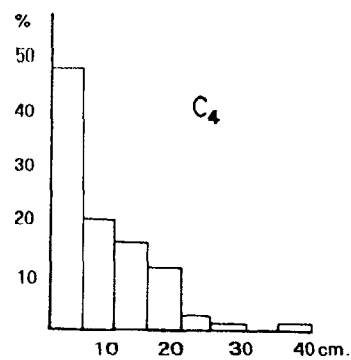
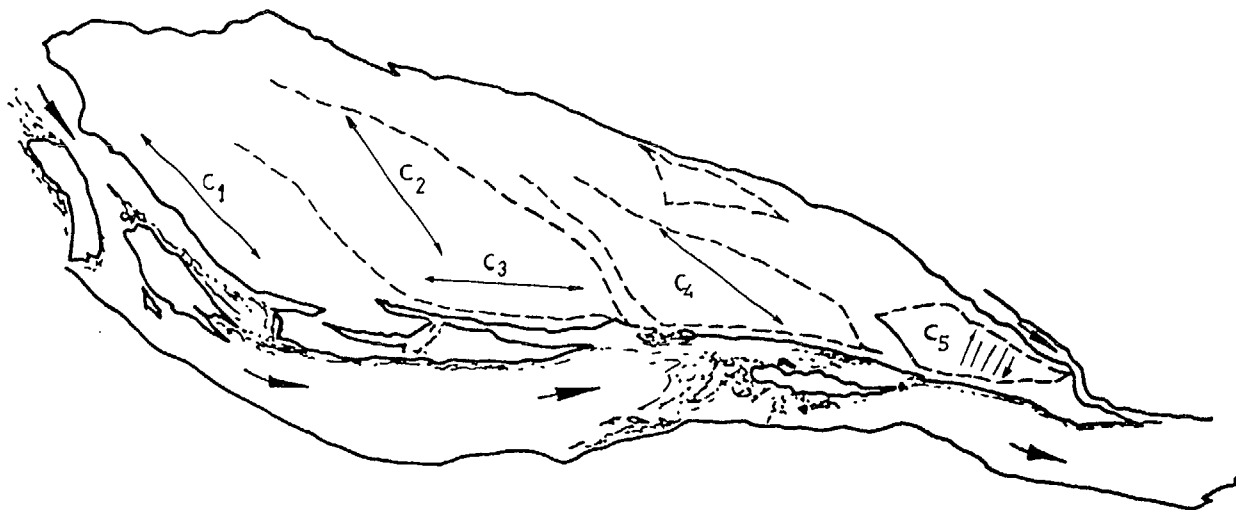
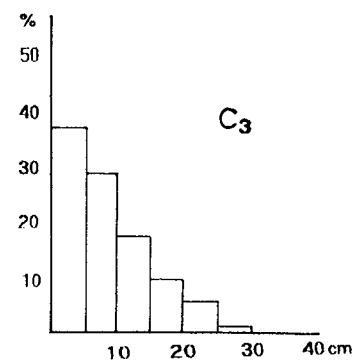
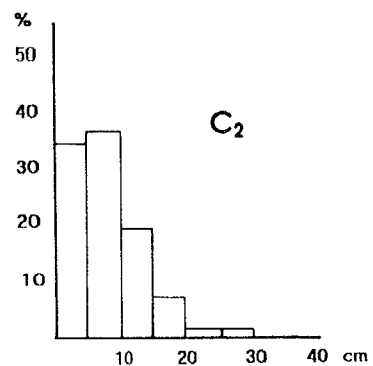
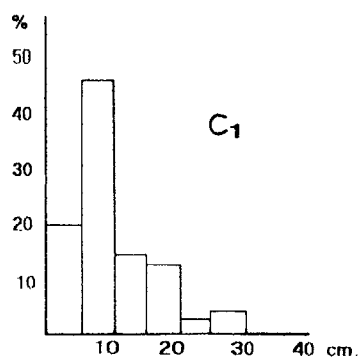
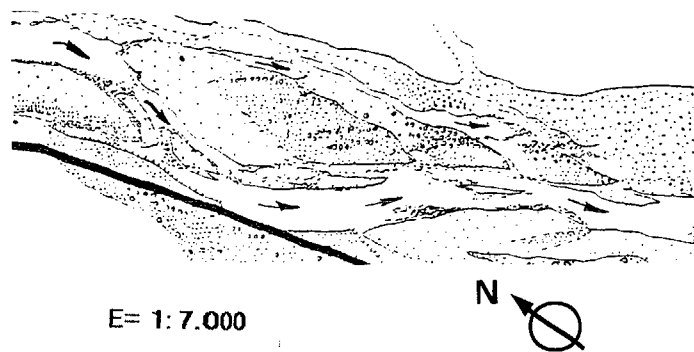


FIG. 31 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.



AINSA 04
E= 1:3.100

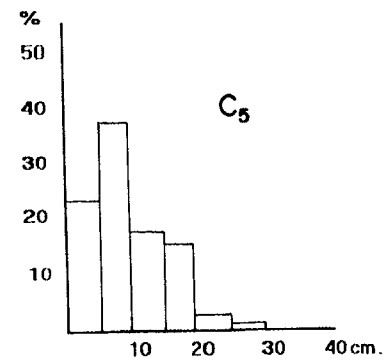
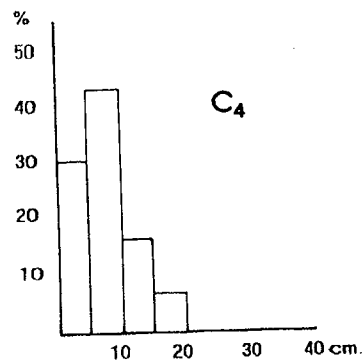
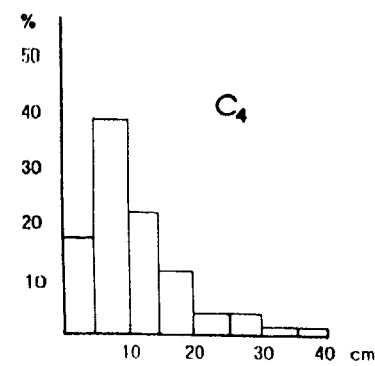
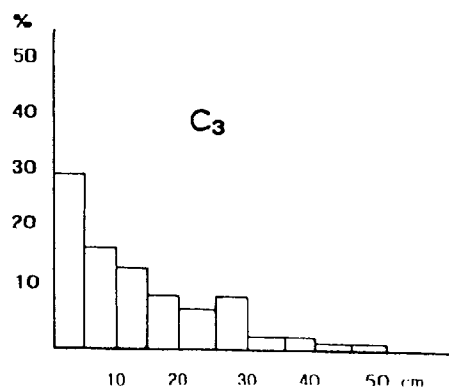
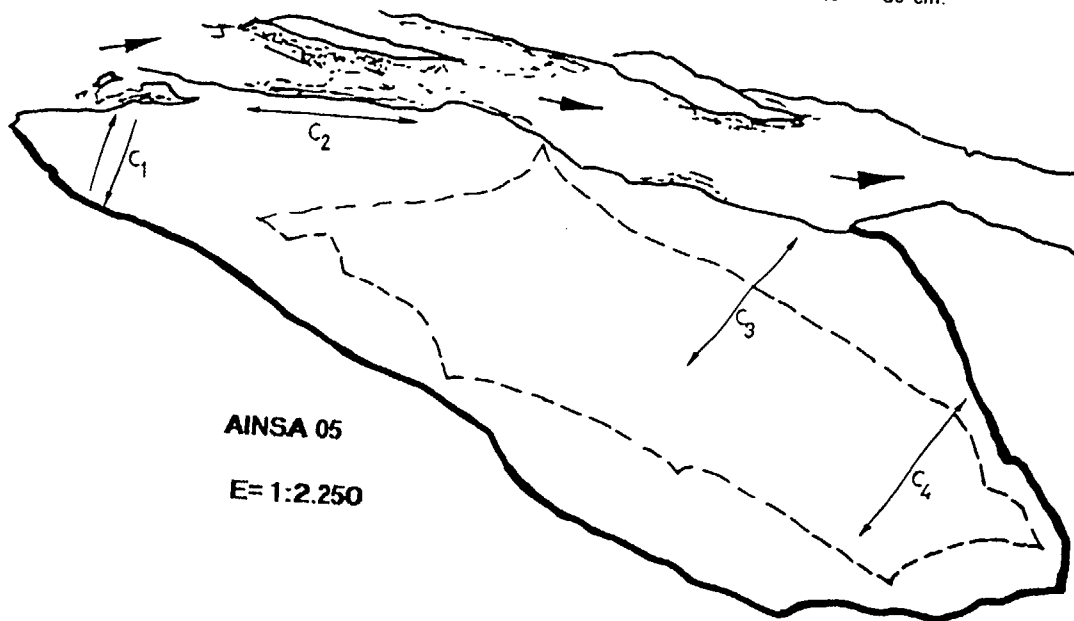
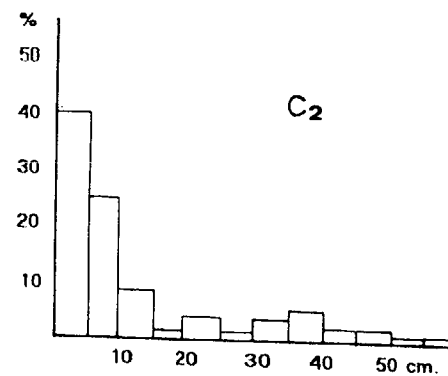
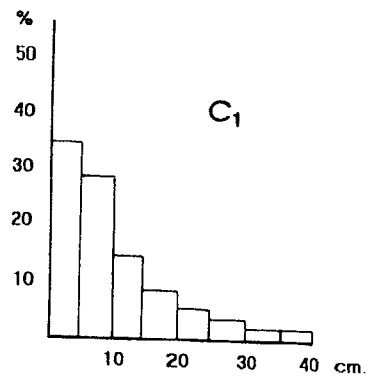
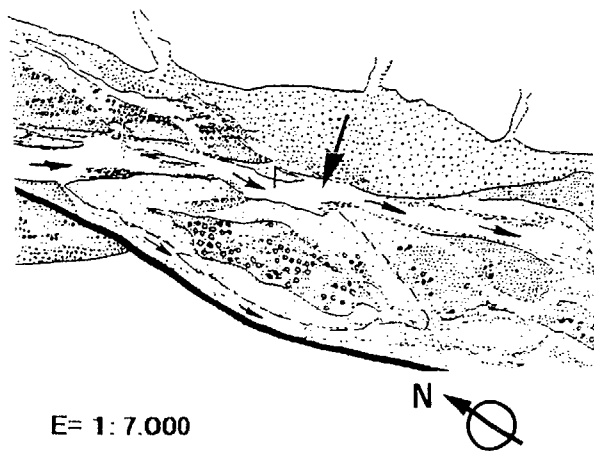


FIG. 32 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.



IG. 33 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.

que nos acercamos al centro, aparecen grupos heterogéneos de Eupatorium cannabinum, Linum campanulatum y algunos arbustos de Salix eleagnos y Populus nigra. Al llegar a la punta de la barra estas dos últimas especies se hacen mucho más predominantes, consiguiendo fitoestabilizar los sedimentos mediante sus largas raíces.

En este caso, aunque la mala organización sedimentaria no informa del posible crecimiento de la barra, la fotografía aérea y la cobertura vegetal nos ha ayudado a evidenciar, una vez más, que la mayor parte de los sedimentos se depositan en la cabecera de la misma.

Ainsa 05; con una extensión de 26.887 m², corresponde, al igual que la anterior, a una antigua barra lateral que ha sido dividida por un canal de avenida que aporta sedimentos recientes.

Aparece un núcleo central antiguo, que al encontrarse elevado un metro, queda a salvo de las avenidas, favoreciendo el establecimiento de numerosas comunidades vegetales. Predomina un gran número de grandes arbustos (entre 1,5 y 2 m.) de Salix eleagnus, Salix purpurea y Populus nigra. Entre ellos, se instalan pequeños grupos de Ranunculus repens, Equisetum palustre o Artemisia alba entre otros.

En las parte más activas de los sedimentos, se observa un impresionante descenso de la vegetación. Únicamente se desarrollan aquellas plantas que soportan bien las oscilaciones hídricas y los fuertes embates de la corriente como Agrotis stolonifera, Policaria dissenterica, o Scirpus holorchoenus.

La figura 33 nos muestra como todos los sedimentos de esta barra son de gran calibre (ningún histograma desciende de un máximo de 40 cm.), destacando sobre todo, los muestreos C3 y C2. Ello nos indica, la gran competencia de la corriente en esta zona. El crecimiento de la barra se realiza sobre todo en la cabecera y bordes de la margen izquierda (C2). Presenta el tamaño medio más elevado de todos los muestreos realizados en Ainsa (158,9 cm.), seguido únicamente por la barra 11, muestreo realizado, también, cerca del canal principal.

SECTOR DE BROTO

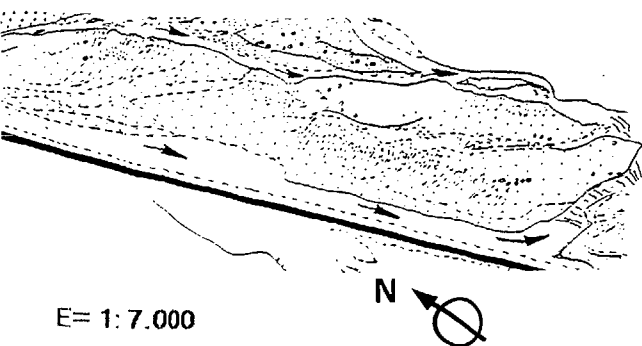
Nº barra	Cabeza		Punta		Centro		Margenes	
	Media	Coef. var.	Media	Coef. var.	Media	Coef. var.	Media	Coef. var.
5	178,7	42,7	188,4	42,9	189,1	43,3	219,6	49,0
7	87,9	65,4	51,9	42,6	-	-	66,6	58,4
8	153,2	67,8	113,4	50,6	76,2	59,1	93,0	50,8
9	64,2	41,7	151,6	56,3	110,9	56,0	80,7	57,4
10	78,7	56,6	68,3	50,9	71,6	47,2	128,6	50,5
11	93,9	77,1	70,4	53,0	77,7	76,3	51,6	53,1
12	83,3	60,4	67,1	49,6	77,1	56,6	-	-
13	69,5	42,6	80,5	59,9	75,3	83,9	79,8	55,4
14	120,0	88,7	71,5	62,3	81,5	51,3	83,4	51,1

Tabla 8. Tamaño medio y coeficientes de variación de las diferentes partes de las barras .

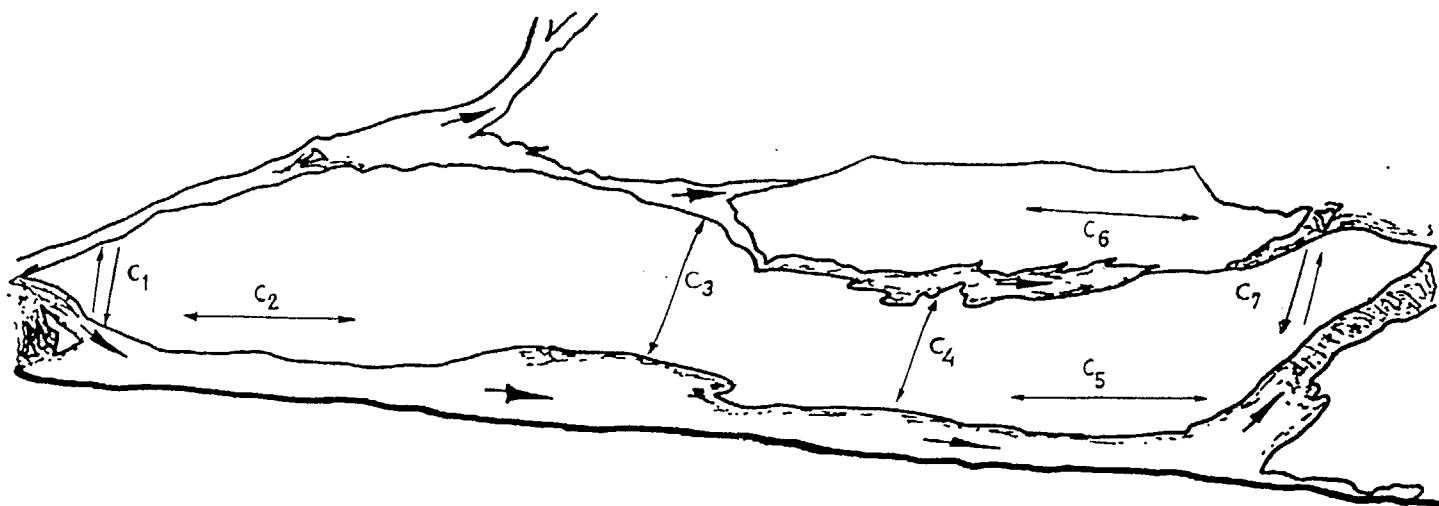
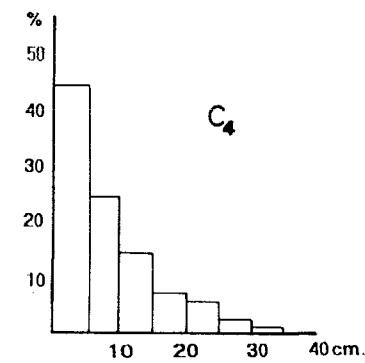
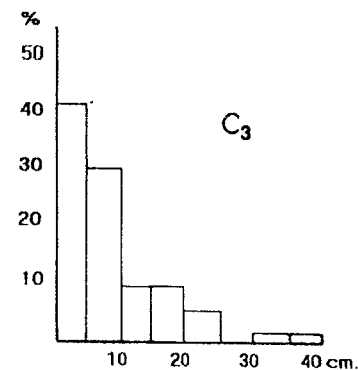
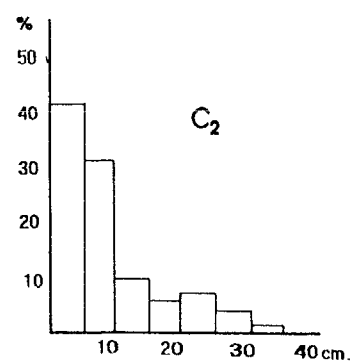
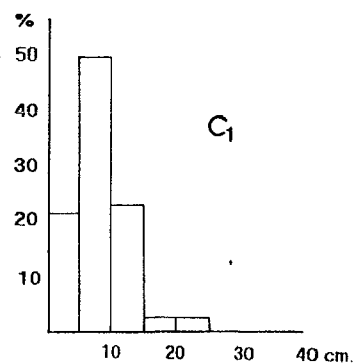
SECTOR DE AINSA

Nº barra	Cabeza		Punta		Centro		Margenes	
	Media	Coef. var.	Media	Coef. var.	Media	Coef. var.	Media	Coef. var.
1	97,0	68,1	-	-	79,6	60,1	130,8	70,6
2	97,9	72,9	77,0	73,9	94,6	68,6	91,0	61,2
3	80,0	98,0	85,3	78,0	112,0	83,4	88,5	92,3
4	103,9	61,8	101,5	56,6	81,2	72,8	88,4	73,6
5	101,2	85,0	110,8	73,4	135,7	94,6	158,9	114,8
6	85,1	89,4	73,1	57,3	108,0	77,4	-	-
7	94,8	84,5	118,1	39,1	93,1	82,8	140,2	75,9
8	62,7	42,2	83,8	66,7	73,8	69,2	-	-

Tabla 9. Tamaño medio y coeficientes de variación de las diferentes partes de las barras .



E= 1: 7.000



AINSA 06
E= 1:3.100

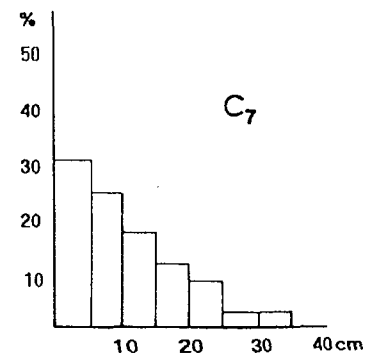
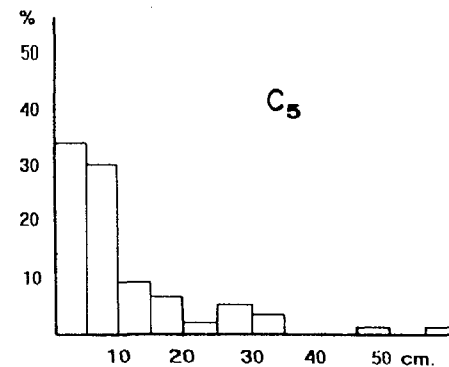
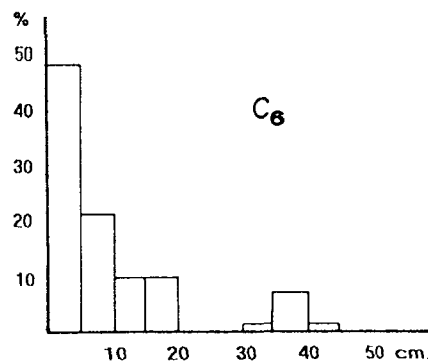


FIG. 34 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.

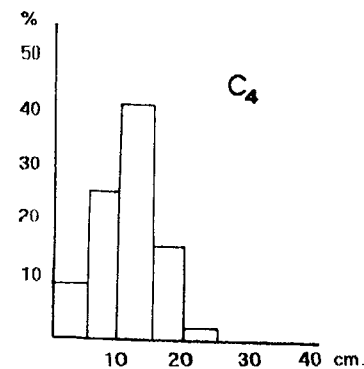
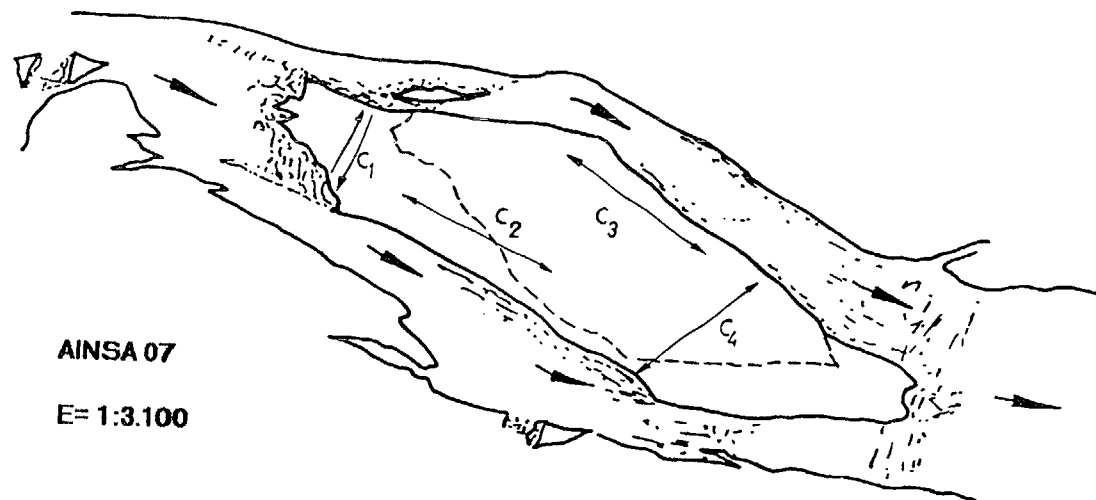
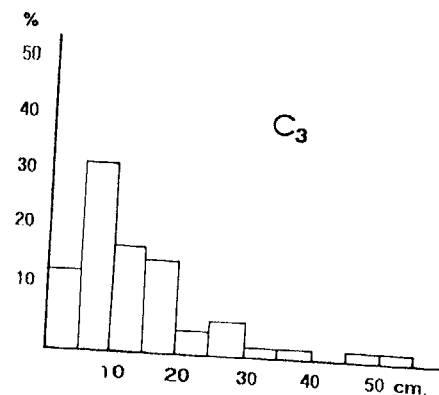
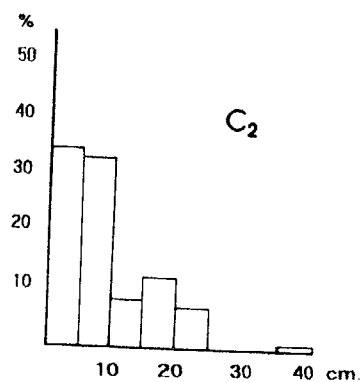
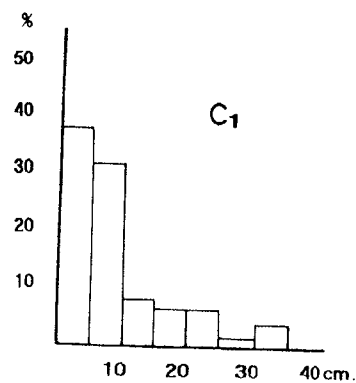
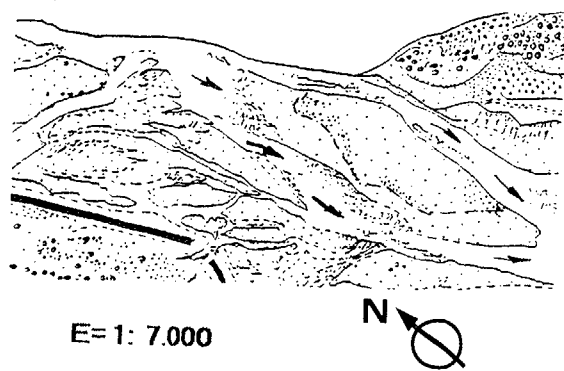
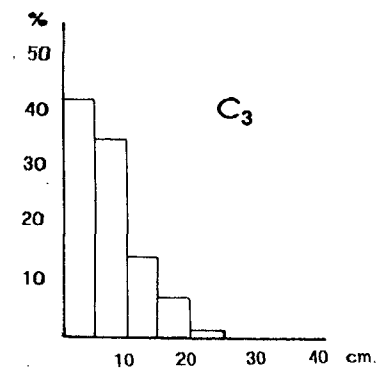
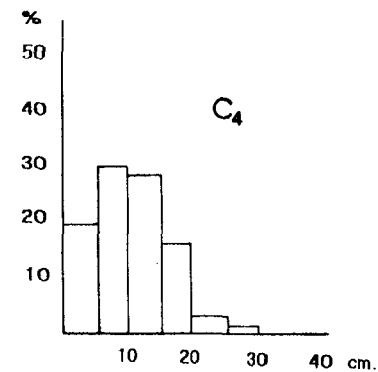
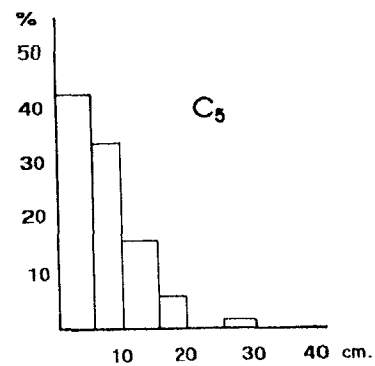
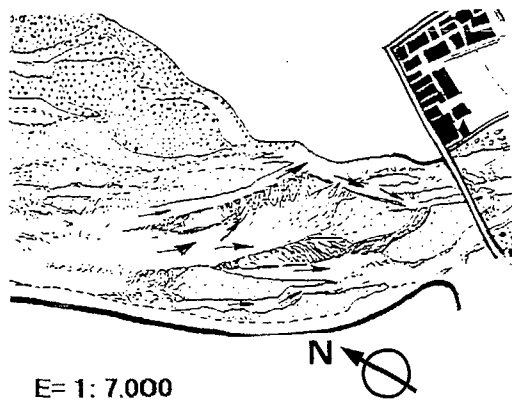


FIG. 35 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.



AINSA 08
E= 1:3.100

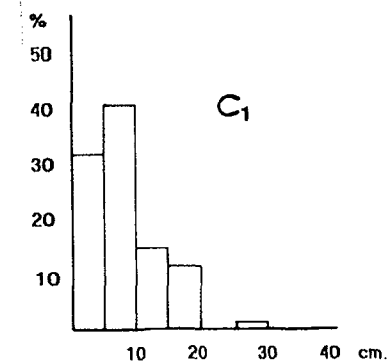
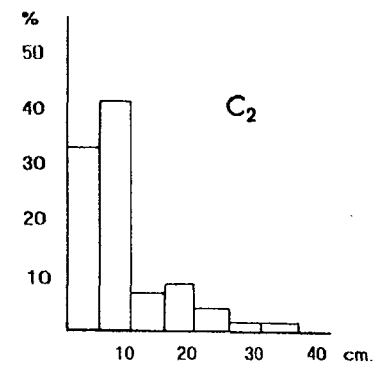
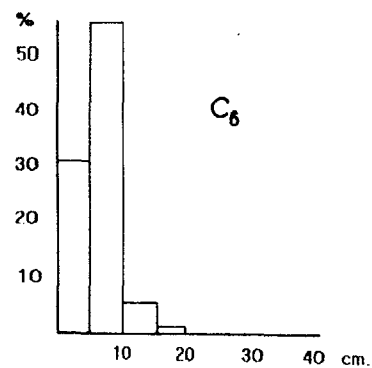
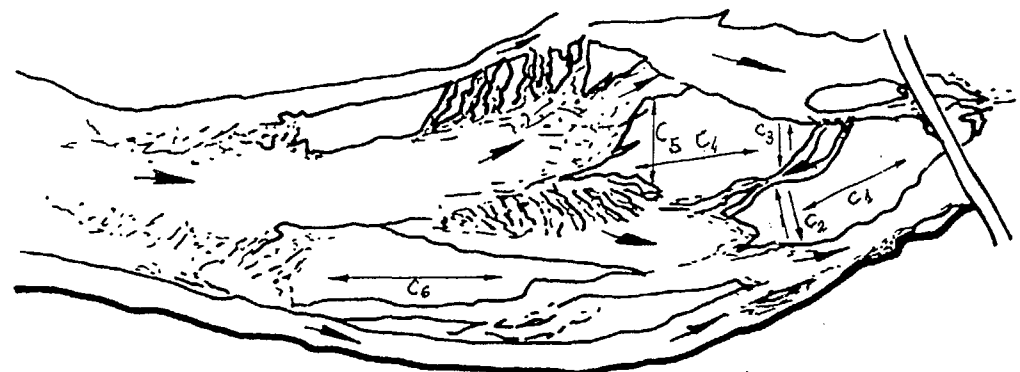


FIG. 36 . Granulometría de los sedimentos aluviales en los diferentes subambientes de la barra.

Ainsa 06; corresponde a una barra longitudinal con una superficie de 35.612 m² aproximadamente (el mayor tamaño de la zona de Ainsa). En épocas de avenidas se comporta como una barra diagonal, ya que el agua pasa por encima de ella atravesándola perpendicularmente. Hay que destacar, que en este tramo, el canal principal discurre adosado al dique de la margen derecha del río Ara. Ello provoca un cambio de dirección en los canales secundarios que atraviesan la barra, ya que se bifurcan del canal principal para desembocar en el canal secundario (ahora alojado en la margen izquierda de la barra).

El gran número de pequeños canales, de curso intermitente, que cruzan la barra, facilita que se instalen especies hidrófitas como Scirpus holorchoenus, Mentha longifolia etc.

En la organización del tamaño de los sedimentos (Fig.34) son mayoritarios, en todos los muestreos, los cantos entre los intervalos 0-5 y 5-10 cm.; con la única excepción de la punta de la barra (C7) que presenta un histograma con porcentajes más repartidos entre las demás fracciones granulométricas. La muestra C5, corrobora lo anteriormente dicho, sobre el cambio del canal principal a la margen derecha de la barra, ya que en ella, se depositan bloques de hasta 60 cm., indicando una mayor competencia de la corriente en este sector.

Ainsa 07; tiene una extensión de 13.722 m², podríamos incluirla en el tipo transversal. De nuevo, se vuelve a repetir el modelo, de un núcleo antiguo y sobreelevado por sedimentos más recientes. En este caso, incluso en la parte más vieja, la vegetación es incipiente, con total ausencia de arbustos que permitan la estabilización definitiva de la barra. Esta cubierta vegetal, tan sumamente escasa, en general en toda la barra, habla por sí misma, de las frecuentes inundaciones y fuertes flujos que tiene que soportar; observando la situación de este depósito (Fig.35) vemos que está rodeado por dos canales de similar entidad, lo que indudablemente, ayuda a que el paso del agua sea bastante frecuente.

La organización del tamaño de los sedimentos, demuestra que el canal de la margen izquierda de la barra tiene mayor competencia ya que es capaz de transportar bloques de hasta 55 cm. (Fig). Los cantos más pequeños, siguen dándose en la punta (25 cm.). En el cauce, tanto en cabecera, como en el extremo inferior, aparecen "riffles" que delatan el posible crecimiento de la barra en dichas zonas.

Ainsa 08; con una superficie de 11.595 m² aproximadamente, estamos ante un clarísimo ejemplo de lo que los autores CHURCH y JONES (1982) clasifican como "medial bar" (barra media). La circulación hídrica en este tipo de depósitos, se produce inicialmente por la cabeza y centro, dando lugar a una pequeña concavidad en la punta (Fig.36). Al llegar a la parte central, el flujo se disipa hacia los bordes donde se abren varios canales, sobre todo en la margen izquierda. La cabeza, únicamente queda libre del paso de las aguas en periodos de estiaje.

La vegetación es totalmente pionera e hidrófila; encontrándose ejemplares dispersos de, Mentha longifolia, Lythrum salicaria. En los pequeños canales de la margen derecha, donde la corriente es más lenta y quedan a veces pequeños remansos de agua, se observan algunos grupos de Scirpus holorchoenus.

Respecto al tamaño de los cantos, sigue predominando las fracciones entre 0-5 y 5-10 cm., mientras que los bloques son casi inexistentes, ya que el tamaño máximo del material es de 35 cm.

5.2.1. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS Y TIPOS DE FACIES.

Las barras de los ríos estudiados se componen de gravas masivas claramente imbricadas con estratificación horizontal y, a veces, también cruzada. Estos cuerpos presentan pues, facies Gm o de gravas masivas y secundariamente, pueden existir intercalaciones en forma de cuña y con escasa continuidad lateral o facies St y Sp (MIALL, 1977), es decir, areniscas con estratificación cruzada y

planar. Esta alternancia con material más fino es el resultado de megaripples arenosos en las etapas de menor energía en los laterales de las barras o bien en canales menores que las cortan (RAMOS, 1989).

MIALL (1977) describe este tipo de ordenaciones en cursos de agua donde predominan las barras medias y longitudinales; que en nuestro caso, el sector de Aínsa es el más representativo.

5.3. CARACTERISTICAS SEDIMENTOLOGICAS DE LOS CANTOS DESDE UNA PERSPECTIVA DIRECCIONAL

La utilización de proyecciones esterográficas (red Wulff) en la sedimentología de cauces fluviales no es un tipo de análisis muy frecuente. No se ha encontrado ninguna referencia sobre algún caso donde se haya aplicado a materiales aluviales. No obstante, datos de dirección planteados de una forma menos sistemática son uso común en ríos europeos y americanos (CURRAY, 1956; DOEGLAS, 1962; RUST, 1972a y b.; BLACK 1982).

Sin embargo, donde las proyecciones estereográficas han alcanzado mayor madurez ha sido en el campo de la microtectónica: efectivamente, los geólogos estructurales utilizan rutinariamente la red Wulff (PHILLIPS, 1977) para estudiar en el tiempo y en el espacio, tanto aquellos esfuerzos de pequeña magnitud que no han sido capaces de deformar las capas geológicas como otros de rango medio y más violento.

Desde una perspectiva sedimentológica, el uso de esta red nos ha permitido controlar al mismo tiempo parámetros de posición (dirección y buzamiento de los cantos) que luego han sido relacionados con la geometría de la barra, el sector de la misma y su orientación dentro del cauce fluvial.

Los análisis han sido aplicados siempre de modo sistemático a cuatro sectores de cada una de las barras: cabeza, punta terminal y

márgenes; igualmente cuando ha sido necesario una determinación de mayor precisión, estos análisis han llegado hasta seis. Con el conjunto de los sectores muestreados se ha elaborado un gráfico general y otro porcentual que nos ayudan a tener una visión del conjunto de los muestreos realizados. También se ha efectuado la toma de parámetros como dirección y buzamiento del eje mayor del canto (L) que ha resultado en la mayoría de los casos poco concluyente. Como demuestran los diagramas de "lineaciones" no existe discriminantes entre las distintas barras y los diferentes muestreos, sin adoptar ninguna orientación dominante tanto en las direcciones como en los buzamientos.

Por otro lado, dadas las dificultades de la toma de datos en el campo y la laboriosidad y tiempo que exigen determinar la dirección, el buzamiento y la medida de los ejes "L" y "l", hemos efectuado estas técnicas a modo de experiencia piloto, sólo en el sector de Broto y aplicado a un total de cinco barras que presentaban una mayor complejidad interpretativa.

5.3.1. COMENTARIO DE LOS DATOS DIRECCIONALES

BROTO: BARRA 05

Hemos muestreado en cuatro zonas correspondientes a la cabeza, margen izquierda, margen derecha y punta terminal de la barra (Fig.37).

Muestra C4'; corresponde a la cabeza de la barra y está muy influenciada por la corriente, siendo el punto de difluencia del canal principal que va a discurrir por la margen derecha de la barra. La dirección principal del flujo es de $200^{\circ}/210^{\circ}\text{SW}$ y la dirección predominante de los buzamientos es de 215°SW con una media de ángulo de buzamiento de 30°NE y pocos buzamientos inferiores a 10° (Fig.38).

Muestra C2'; situada en la margen derecha del cuerpo central de la barra, está poco sometida a la influencia de las crecidas. La

dirección del flujo principal es de 220° SW. La dirección media en los buzamientos es de 156° SE. Existe, sin embargo, una disposición en un arco de 90° que relacionados con sus correspondientes ángulos de buzamiento no indica una influencia dominante en épocas de avenida. La media en los ángulos de buzamiento es de 22° NW con pocos buzamientos superiores a 45° . (Fig. 38)

Muestra C3'; situada en la margen izquierda de la barra. La dirección de la corriente del canal secundario junto al que se sitúa es aproximadamente de 180° S (Fig. 38). Está poco influenciada por la corriente principal, con una dirección predominante (210° SW) muy clara en sus buzamientos, siendo el canal secundario el que hace notar su influencia. La media en los ángulos de buzamiento está alrededor de $25^{\circ}/30^{\circ}$ NE. La disposición de las direcciones de los buzamientos de este muestreo nos indica, que en épocas de fuerte avenida, existe una corriente de agua por la margen izquierda que al llegar al centro de la barra, tiene tendencia a discurrir en dirección SW para reunirse en el canal principal.

Muestra C1'; situada en la punta terminal de la barra ofrece una nítida influencia de la corriente principal, la cual tiene una dirección aproximada de 135° SE. Existen dos direcciones de buzamientos dominantes: la principal con una media de 125° SE que corresponde al canal activo, y una dirección secundaria de 220° SW, que se relaciona con la influencia del canal secundario en épocas de crecidas; donde también se pueden observar mayores ángulos de buzamiento que, sin embargo, en ninguno de los dos casos dan valores superiores a los 30° con una media de 10° NE y NW respectivamente (Fig 38).

En las proyecciones conjuntas de los cuatro muestreos (Fig 37) observamos, efectivamente, la preponderancia de la dirección $110^{\circ}/125^{\circ}$ SW. Lo cual nos lleva a suponer que en épocas de avenida, si bien existe una desviación del caudal por el canal secundario de la mitad izquierda de la barra, la dirección de las aguas efectúa un pequeño giro, para reunirse con el canal principal. Posiblemente los aportes

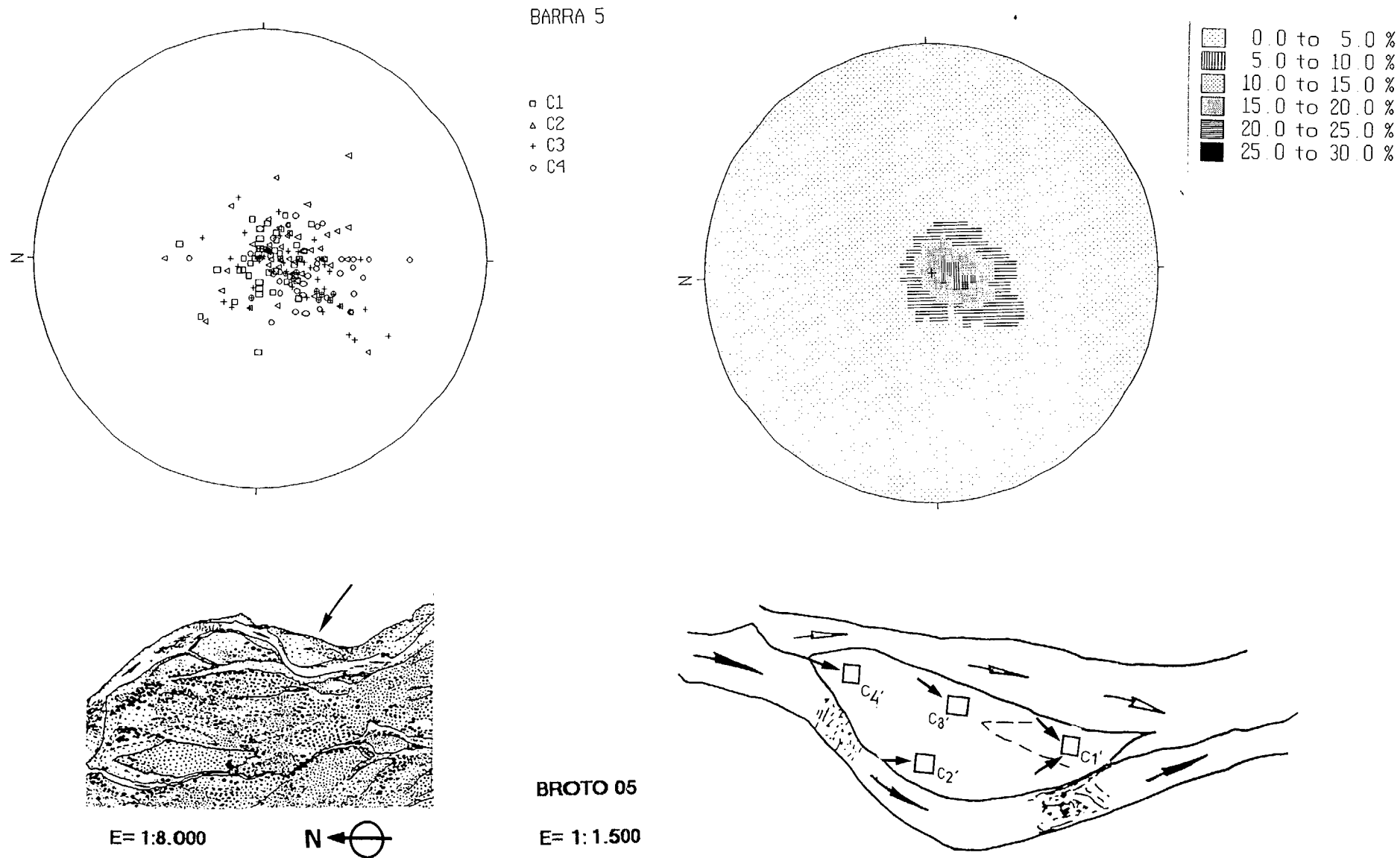


FIG. 37 . Conjunto de las proyecciones estereográficas (red Wulff) y representación de los porcentajes de los buzamientos en los sedimentos aluviales. (Numero total de ejemplos de muestreo 200).

BARRA 5

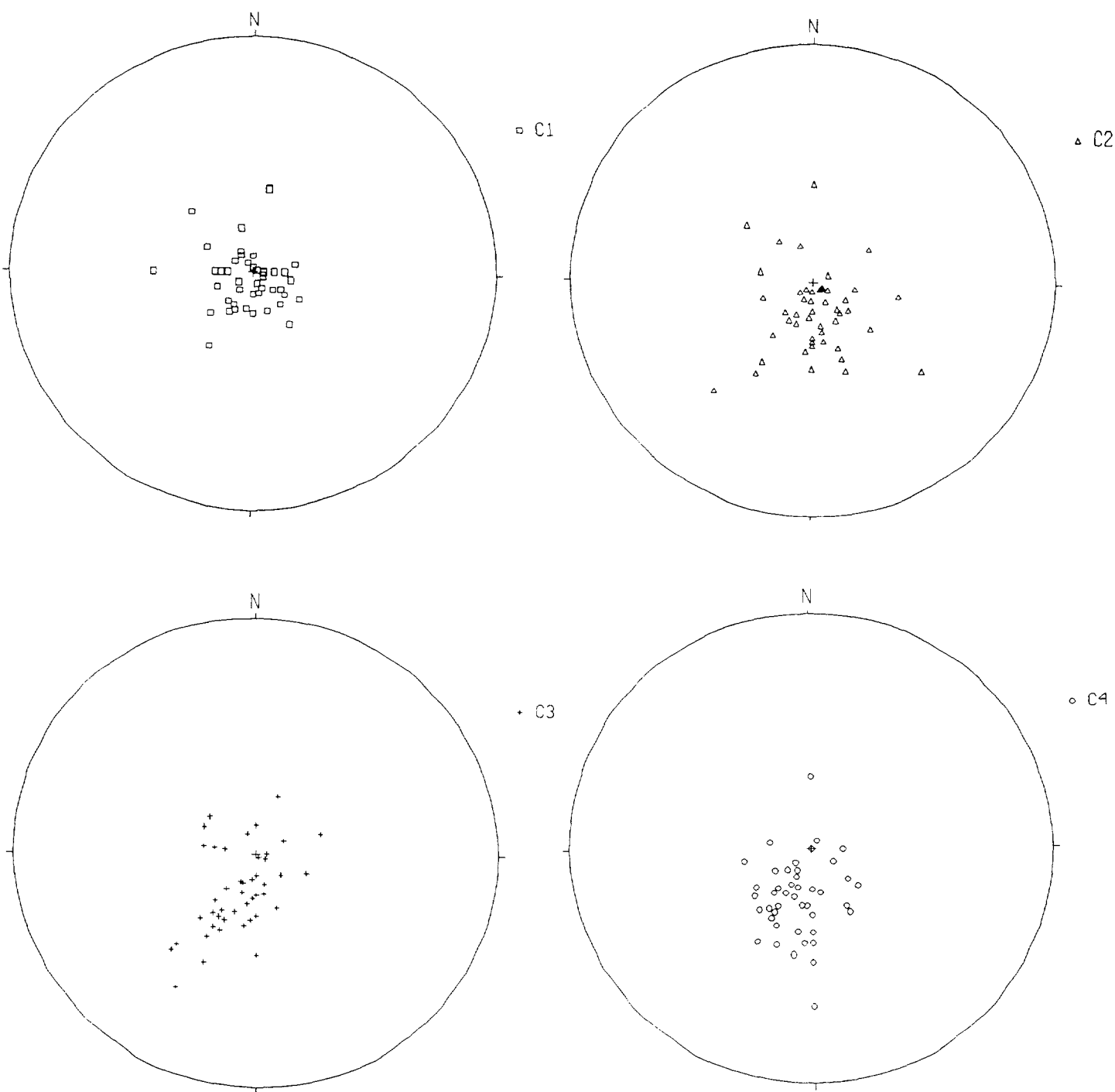


FIG. 38 . Barra 5. Proyecciones esteroográficas (red Wulff) de cada muestreo en los sedimentos aluviales. (Numero de ejemplos por muestreo 50).

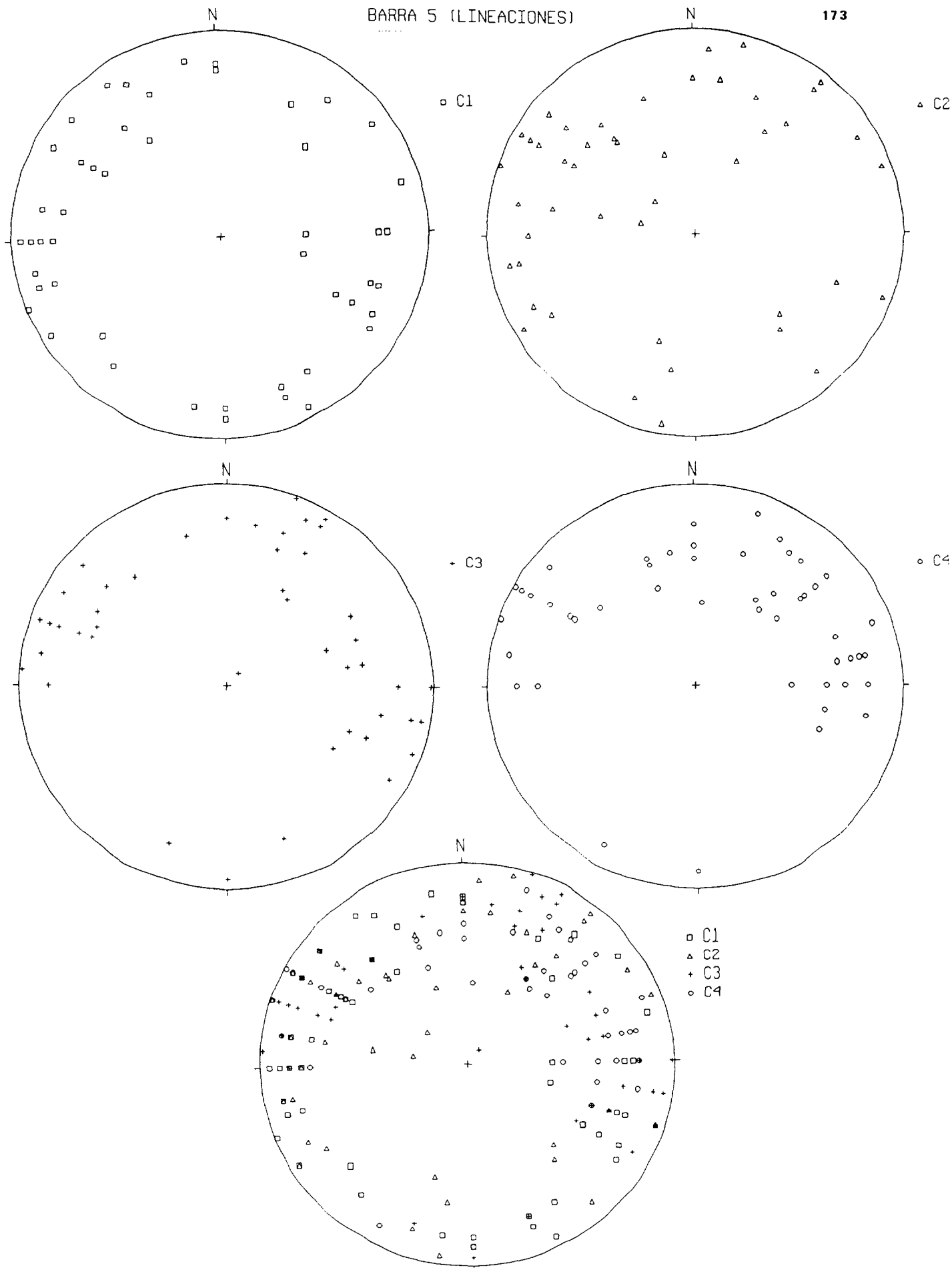


FIG. 39 .Proyecciones estereográficas (red Wulff) de las lineaciones de los sedimentos aluviales. (Numero total de ejemplos de muestreo 200).

de material se realizan según la disminución de la corriente desde la muestra C1', aguas arriba. Los buzamientos muy bajos inferiores siempre a 30° , nos indican la disminución de la energía en punta de la barra.

BROTO: BARRA 08

Se han realizado, también, cuatro muestreos en los lugares de la barra más representativos: cabeza, margen derecha, margen izquierda, y punta (Fig.40).

Muestra C3'; corresponde a la cabeza de la barra. La dirección del flujo principal es aproximadamente 225°SW . Está ubicada en el centro de la cabeza con poca influencia de la corriente en épocas de avenida. La dirección predominante de los buzamientos es de $60^\circ/70^\circ\text{NE}$. Los ángulos de buzamiento son inferiores a 45° , estando su media alrededor de 30°SW (Fig.41).

Muestra C4'; corresponde a la margen izquierda y se localiza en el primer tercio de la barra. Se observa bastante influencia de la corriente en épocas de avenidas. La dirección de la corriente predominante es aproximadamente de 225°SW . La dirección de los buzamientos, entre $110^\circ/120^\circ\text{SE}$, con ángulos inferiores a 45° y medias alrededor de 25°NW (Fig.41), nos indica que durante las crecidas, la mayor influencia de la disposición de los cantos corresponde al canal opuesto al muestreo, ya que la dirección de los buzamientos corresponde a dicho canal.

Muestra C2'; se localiza en la margen derecha y en el segundo tercio de la barra, con bastante influencia de la corriente sobre todo con caudales máximos. La dirección hidrográfica es de 180°S mientras que la dirección principal de los buzamientos es de $130^\circ/140^\circ\text{SE}$ y ángulos de 35°NW (Fig.41). En épocas de avenida y debido al estrechamiento del cauce la dirección del flujo sería, aproximadamente, de $150^\circ/180^\circ\text{SE}$ aumentando la velocidad de la corriente. Ello coincide con los valores más altos del ángulo de buzamiento observados en la muestra.

Muestra C1; se sitúa en la punta de la barra junta a la margen izquierda, con bastante influencia de la corriente durante las crecidas. La dirección principal de la corriente es 150°SE . Para los buzamientos existen dos direcciones: una dominante de 180°SW y una secundaria de 70°NE . La media del ángulo de buzamiento es muy baja, 20°N (Fig.41).

Si analizamos el conjunto de todas las proyecciones estereográficas y sus porcentajes medios (Fig.40) en los distintos muestreos, observamos que existe una dirección dominante de buzamiento de $120^{\circ}/145^{\circ}\text{SE}$, con ángulos de buzamientos muy bajos. Dada la forma curva de la barra, las direcciones de la corriente hidrográfica pasan de tener una dirección aproximada de 225°SW en la cabeza, a una dirección de 135°SE en la punta, siendo su parte media de 180°S . Las direcciones de los buzamientos se corresponden, en líneas generales, con las posibles direcciones de la corriente en épocas de avenida. Existe una preponderancia en el aforo del canal de la margen derecha. En la punta de la barra, lógicamente, se da el encuentro de dos posibles direcciones de la corriente, según sea el volumen de agua aportado por cada una de ellas.

BROTO: BARRA 09

Se han realizado cuatro muestreos situados en la cabeza, margen izquierda, centro y punta de la barra (Fig.43).

Muestra C4'; corresponde a la cabeza de la barra. La dirección principal de la corriente es 135°SE aproximadamente, con influencia de ésta en época de crecida. La dirección predominante de los buzamientos es de 135°SE , con ángulos de buzamiento de una media entre 35° y 40°NW (Fig.44).

Muestra C3'; está situada en la margen izquierda del centro de la barra, la dirección aproximada de la corriente es de 180°S con influencia en épocas de crecida. La dirección media de los buzamientos es de 210°SW con ángulos de 20°NE (Fig.44). Lo cual se corresponde con

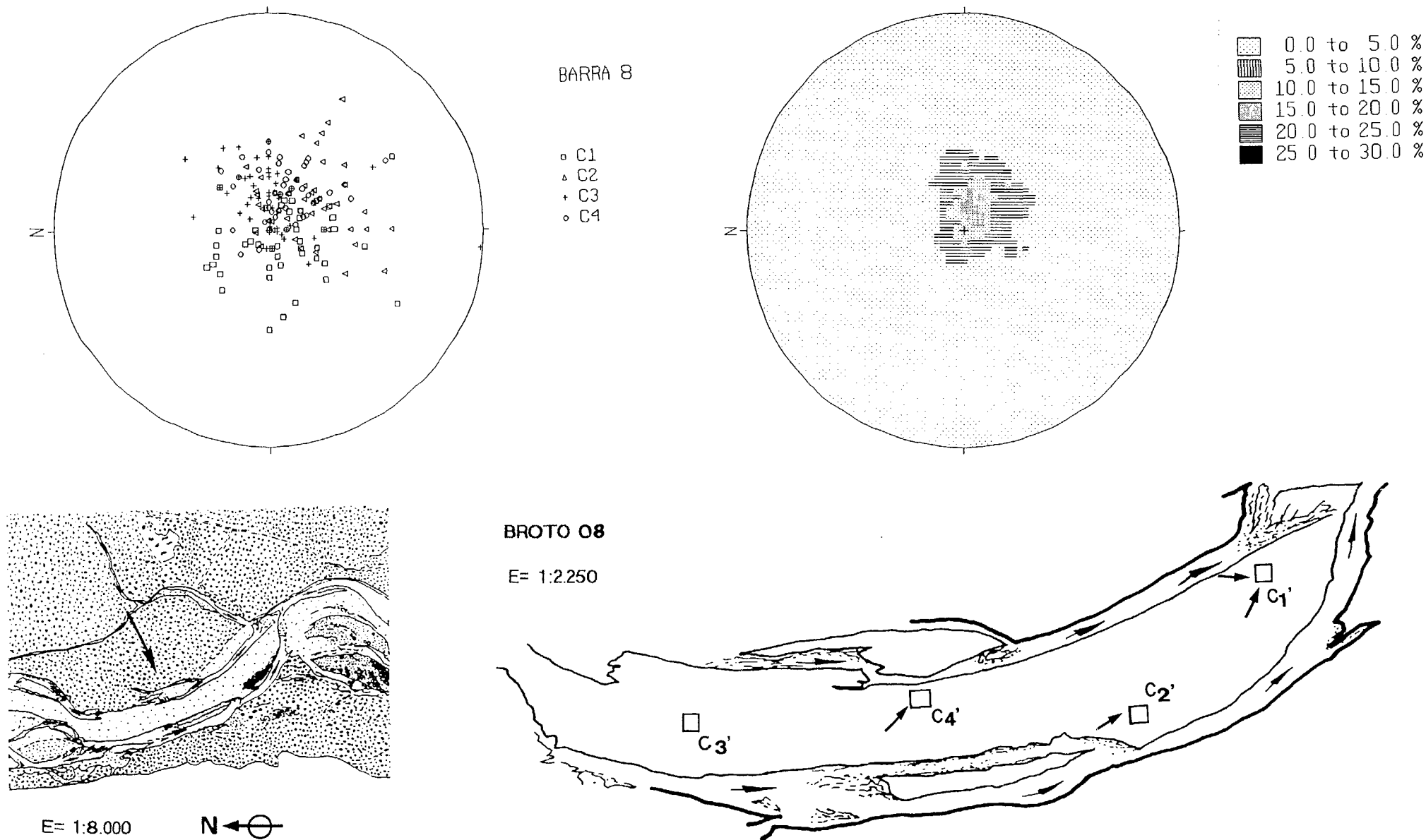


FIG. 40 . Conjunto de las proyecciones estereográficas (red Wulff) y representación de los porcentajes de los buzamientos en los sedimentos aluviales. (Numero total de ejemplos de muestreo 200).

BARRA 8

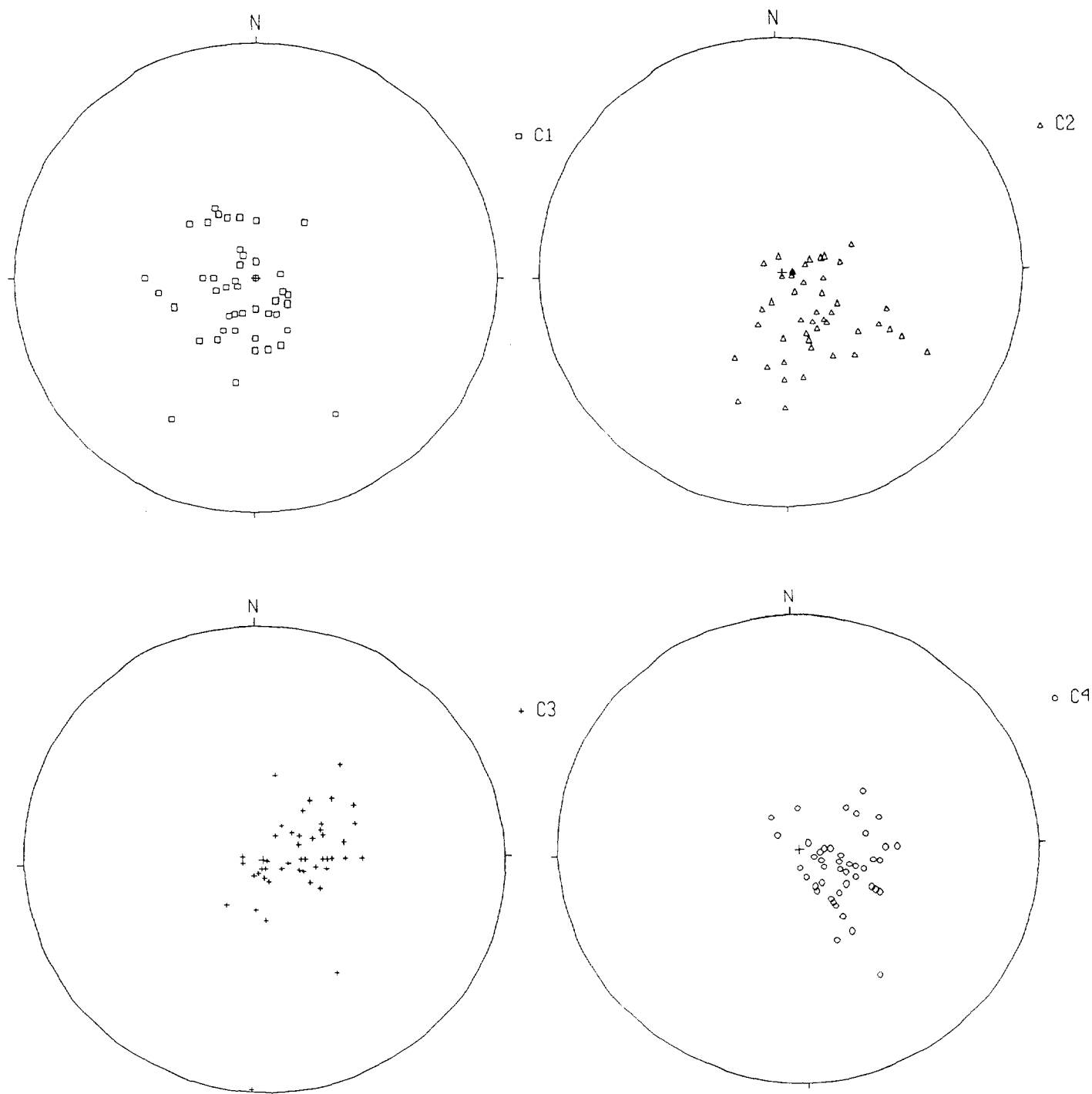


FIG. 41 . Barra 8. Proyecciones estereográficas (red Wulff) de cada muestreo en los sedimentos aluviales. (Numero de ejemplos por muestreo 50).

BARRA 8 (LINEACIONES)

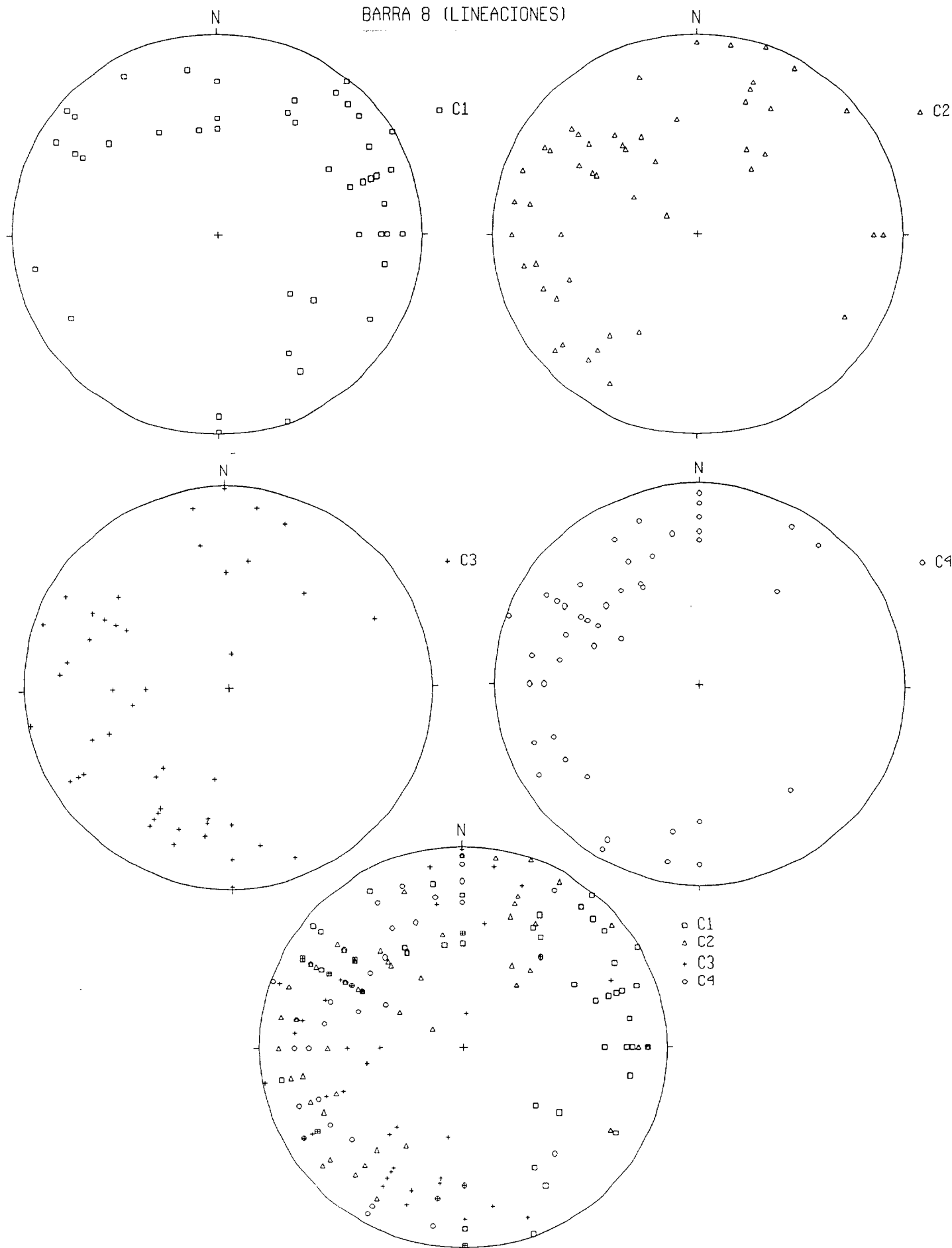
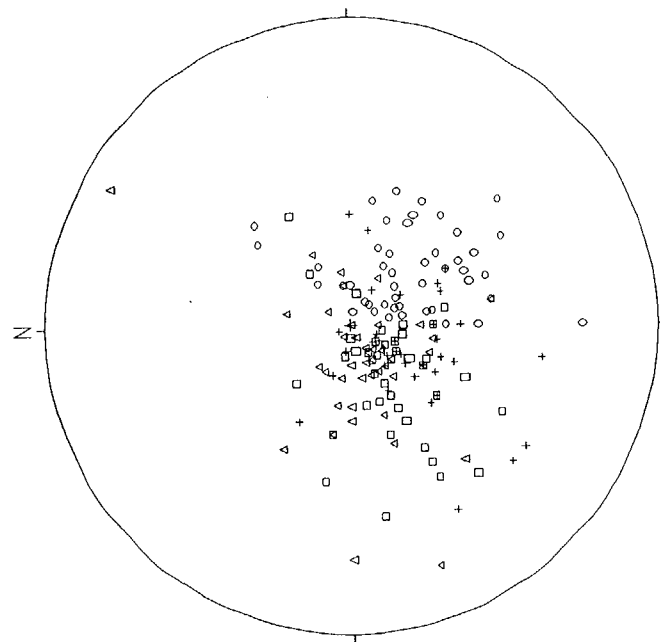
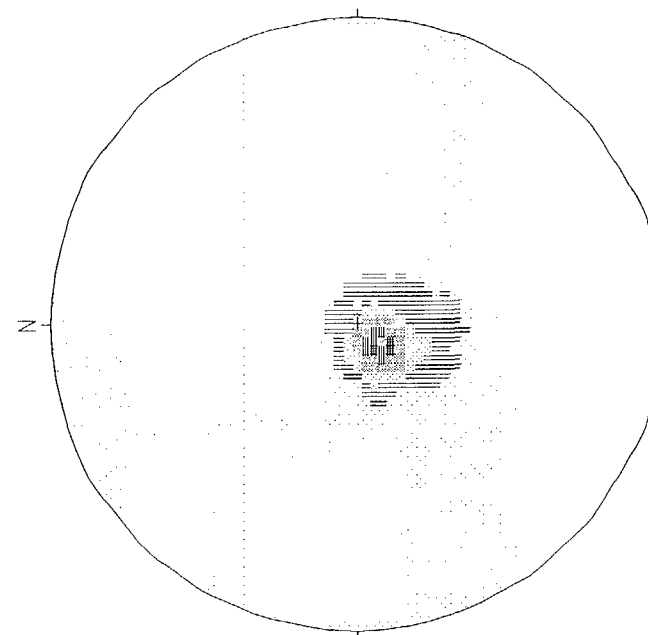


Figura 42. Proyecciones estereográficas (red Wulff) de las lineaciones de los sedimentos aluviales. (Numero total de ejemplos de muestreo 200).



BARRA 9 (COMPLETA)

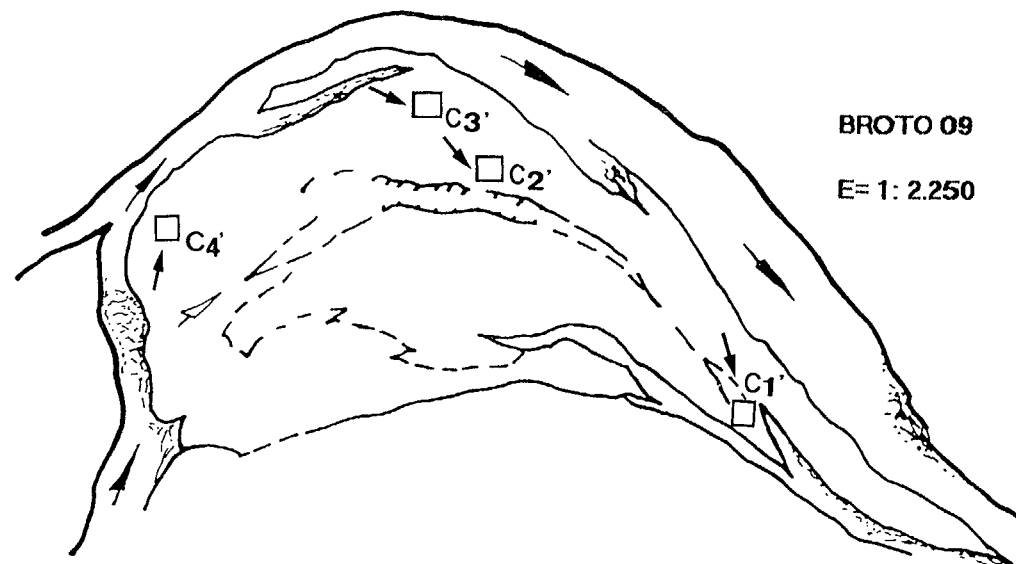
□ C1
△ C2
+ C3
○ C4



□	0 0 to 5 0 %
▨	5 0 to 10 0 %
▩	10 0 to 15 0 %
▪	15 0 to 20 0 %
▧	20 0 to 25 0 %
■	25 0 to 30 0 %



E= 1:8.000



BROTO 09

E= 1: 2.250

FIG. 43 . Conjunto de las proyecciones estereográficas (red Wulff) y representación de los porcentajes de los buzamientos en los sedimentos aluviales. (Número total de ejemplos de muestreo 200)

BARRA 9

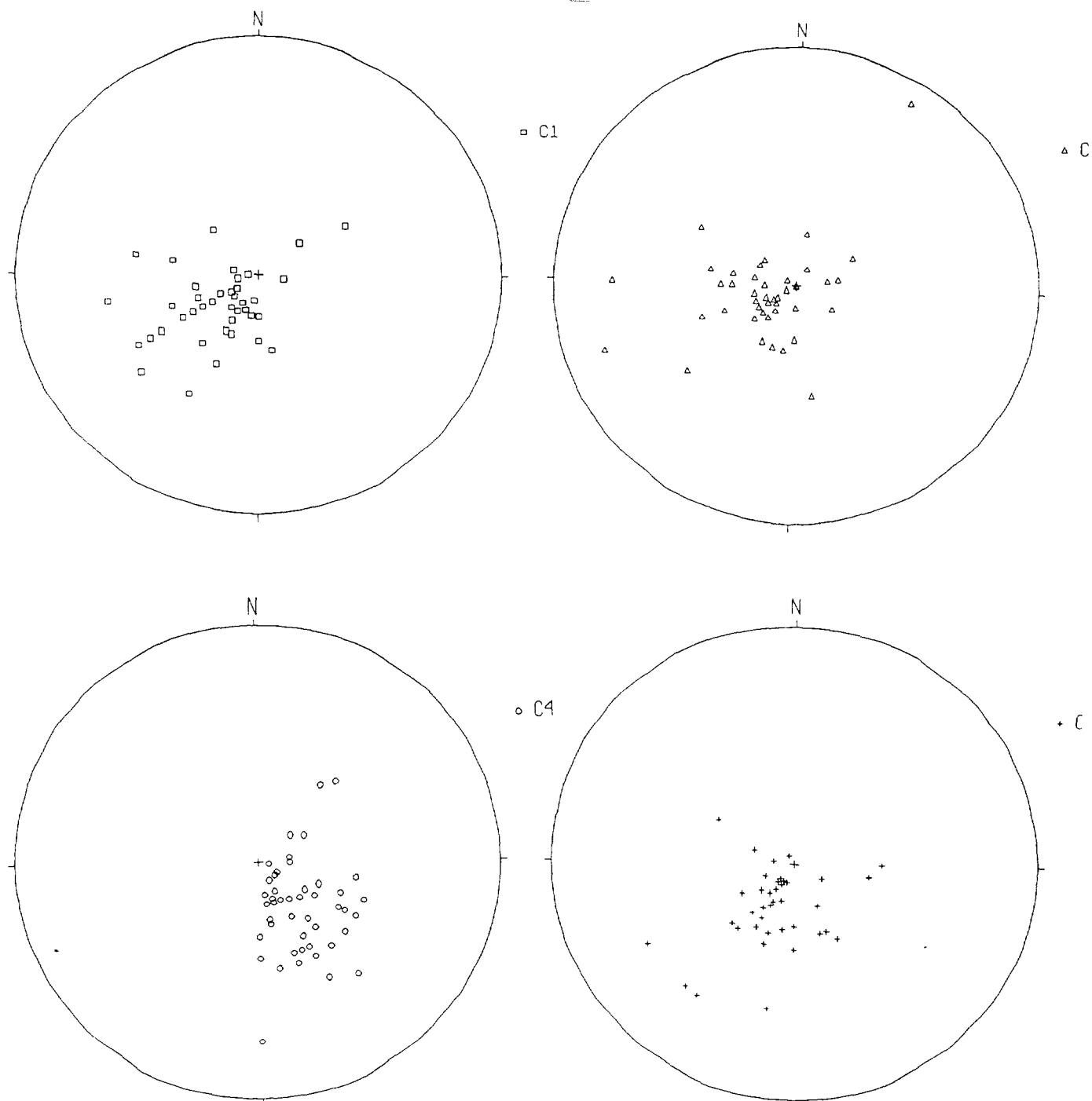


FIG. 44 . Barra 9. Proyecciones esteroográficas (red Wulff) de cada muestreo en los sedimentos aluviales. (Numero de ejemplos por muestreo 50).

BARRA 9 (LINEACIONES)

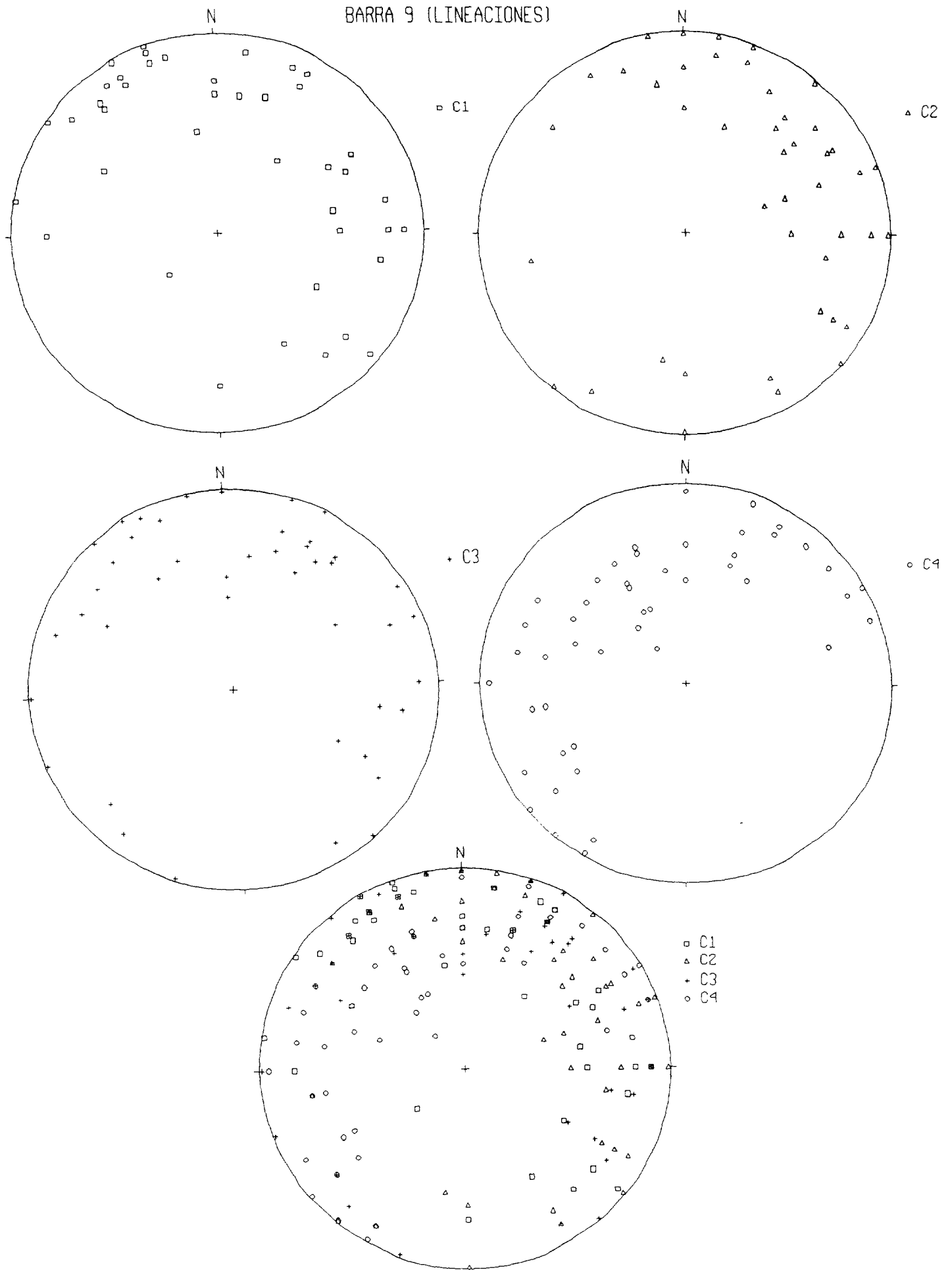


Figura 45. Proyecciones estereográficas (red Wulff) de las lineaciones de los sedimentos aluviales. (Numero total de ejemplos de muestreo 200).

la mayor anchura de la barra en este tramo y una menor velocidad de la corriente.

Muestra C2'; situada en el centro de la barra tiene poca influencia de la corriente en época de crecida. La dirección del flujo es de $120^{\circ}/130^{\circ}\text{SW}$. La dirección predominante en los buzamientos es de $130^{\circ}/135^{\circ}\text{SW}$ con una media de ángulos de 20°NE (Fig.44).

Muestra C1'; está ubicada en la punta de la barra y está sometida a la influencia de la corriente pero sólo en épocas de muy fuerte avenida. La dirección del flujo es aproximadamente de 240°SW con una media en las direcciones de buzamiento de 230°SW . La media en los ángulos de buzamiento es de unos 30°NE , con varias muestras con buzamientos de 45°NE y más (Fig.44); lo que coincide con la apreciación de que el muestreo está sólo sometido a la influencia de fuertes avenidas con grandes caudales y en un punto del cauce más estrecho que en los muestreos anteriores.

El conjunto de las proyecciones y sus porcentajes medios (Fig.48) indican una dirección dominante de buzamiento de $190^{\circ}/200^{\circ}\text{SW}$ con ángulos de buzamientos muy bajos. La corriente describe aproximadamente un arco de 90° , existiendo, sin embargo, una marcada tendencia a tomar la dirección SW en la punta de la barra en época de mayor caudal.

BROTO: BARRA 11

Se han efectuado cinco muestreos en los siguientes lugares: cabeza, primer tercio (márgenes derecha e izquierda), segundo tercio (margen derecha) y punta de la barra.

Muestra C5'; la dirección del flujo es aproximadamente de 180°S . Está ubicada en el centro de la cabeza con muy poca influencia de la corriente durante las crecidas. La dirección predominante de los buzamientos es de $150^{\circ}/160^{\circ}\text{SE}$ con ángulo medio de 24°NE existiendo algunos por encima de 30°NE (Fig.47).

Muestra C4'; pertenece al primer tercio de la barra y a la margen derecha. Está muy influenciada por la corriente, siendo la dirección de la misma de 145°SE . La dirección predominante de los buzamientos es 325° , con un ángulo medio de 22°NW (Fig.47).

Muestra C3'; se localiza en la margen izquierda a la altura de C4' y en una altura muy poco influenciada por la corriente. La dirección media del buzamiento es de 140°SE con un ángulo medio de 10°NW (Fig.47).

Muestra C2'; la dirección del flujo principal es aproximadamente 125°SE . Situada en el margen derecho de la barra está muy influenciada por la corriente en épocas de avenida como demuestran las direcciones de los buzamientos de 135°SE con un ángulo medio de 10°NW . (Fig.47).

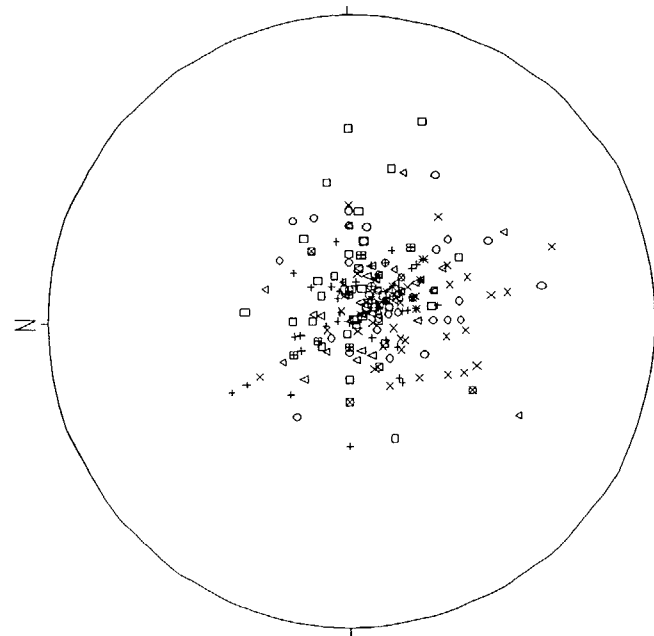
Muestra C1'; corresponde a la punta terminal de la barra. La dirección de la corriente es de 100° - 120°ESE (Fig.47). Está muy influenciada por el canal principal, con una dirección de buzamiento en los cantos de 100°ESE y un ángulo de 12° , aunque debemos hacer constar la presencia de algunos buzamientos superiores a 45° , posiblemente condicionados por la microtopografía de la barra con pequeñas trampas aluviales.

La proyección global de los cinco muestreos nos indica una dirección dominante entre 120° y 150°ESE (Fig.46). Si la comparamos con la continuidad del canal principal, a partir de la primera mitad de la barra, obtenemos una casi total coincidencia entre ambas direcciones, lo que concuerda con la hipótesis de que esta barra está sometida a fuertes influencias de la corriente por ser una estructura moderna que se ha desarrollado a partir de otra más antigua.

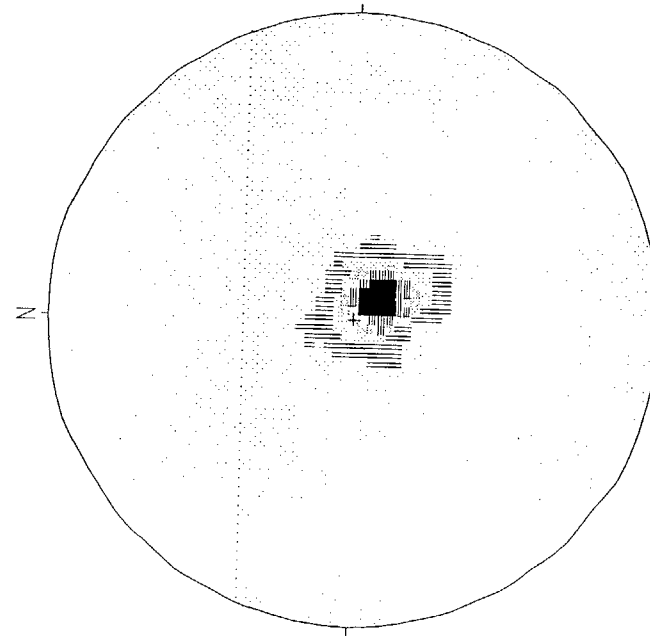
BROTO: BARRA 14

Existen cinco muestreos, localizados en la cabeza, primer tercio (margen derecha e izquierda), segundo tercio (margen izquierda) y punta de la barra. (Fig.49).

BARRA 11 (COMPLETA)



□ C1
△ C2
+ C3
○ C4
× C5



□	0.0 to 5.0 %
▨	5.0 to 10.0 %
▩	10.0 to 15.0 %
▧	15.0 to 20.0 %
▦	20.0 to 25.0 %
■	25.0 to 30.0 %



E= 1:8.000



BROTO 11

E= 1: 2.250

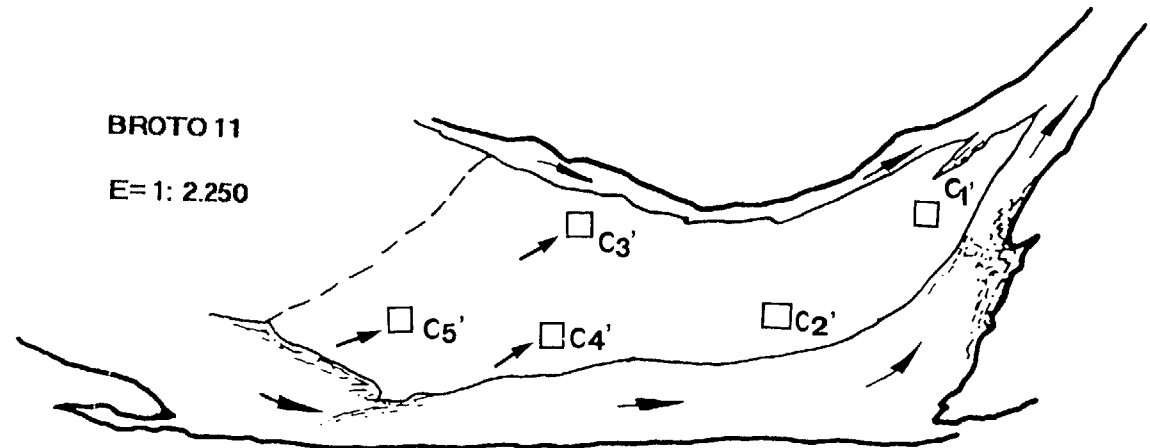


FIG. 46 . Conjunto de las proyecciones estereográficas (red Wulff) y representación de los porcentajes de los buzamientos en los sedimentos aluviales. (Numero total de ejemplos de muestreo 250).

BARRA 11

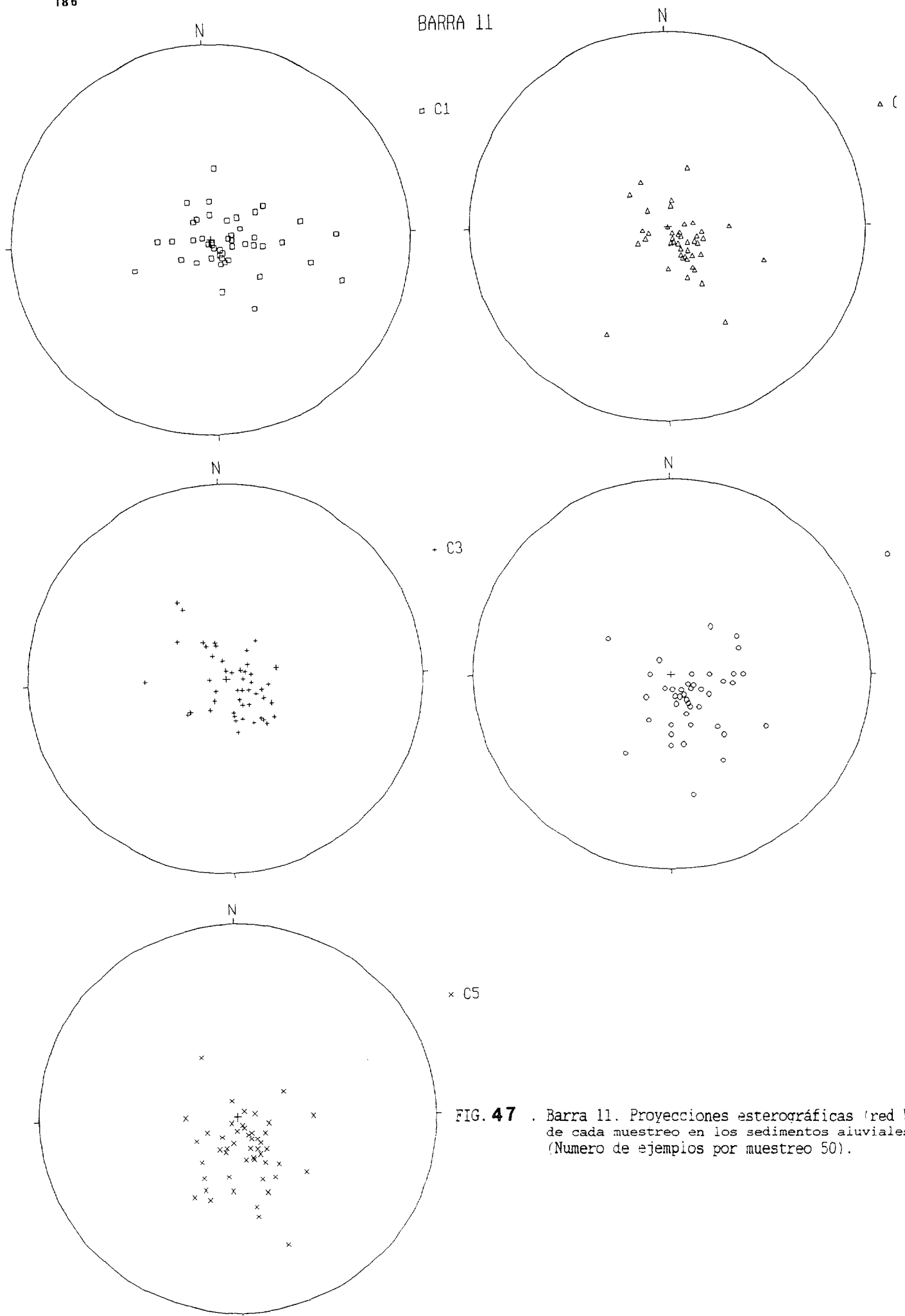


FIG. 47 . Barra 11. Proyecciones estereográficas (red 1°) de cada muestreo en los sedimentos aluviales (Número de ejemplos por muestreo 50).

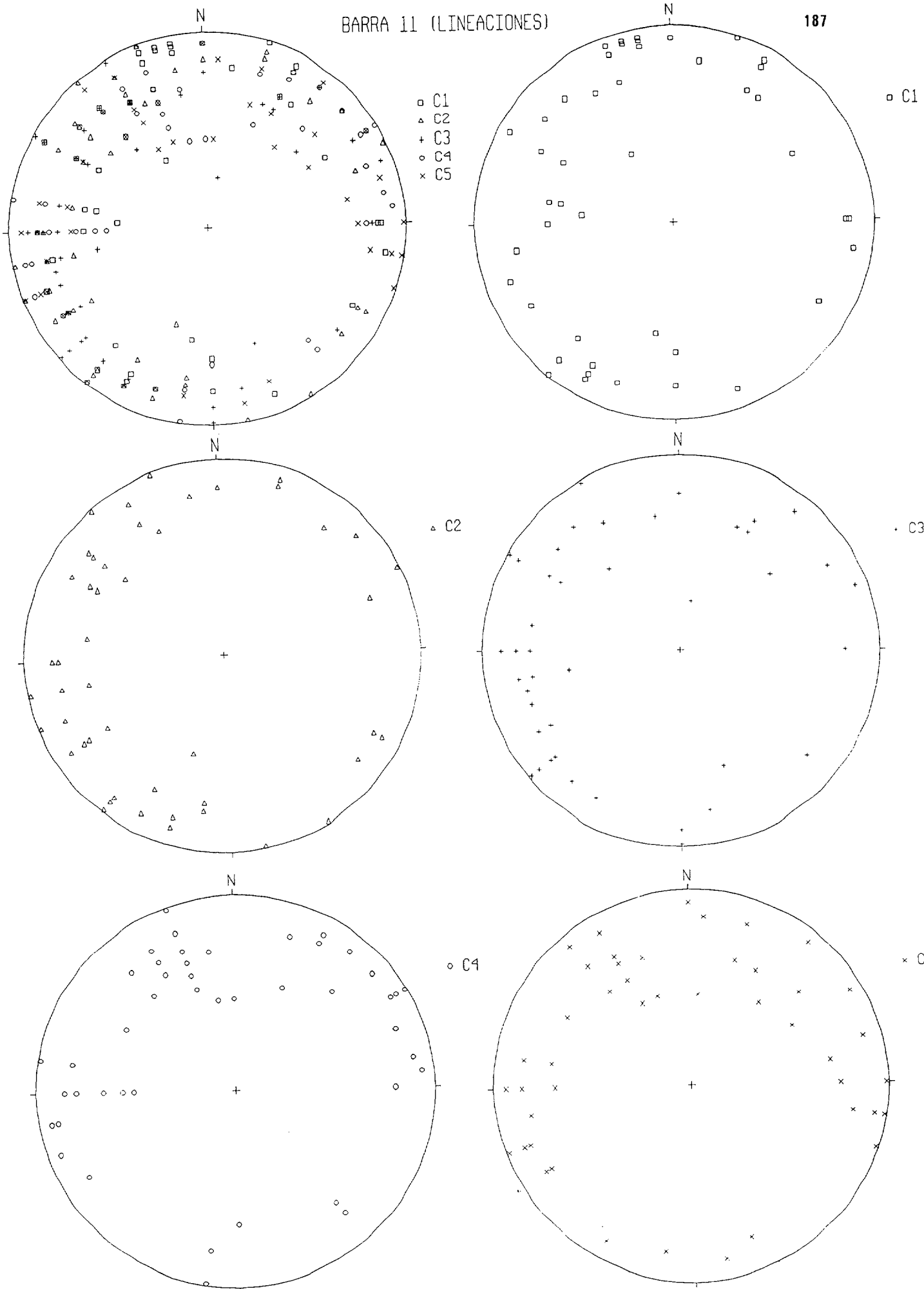


Figura 48 . Proyecciones estereográficas (red Wulff) de las lineaciones de los sedimentos aluviales. (Numero total de ejemplos de muestreo 250).

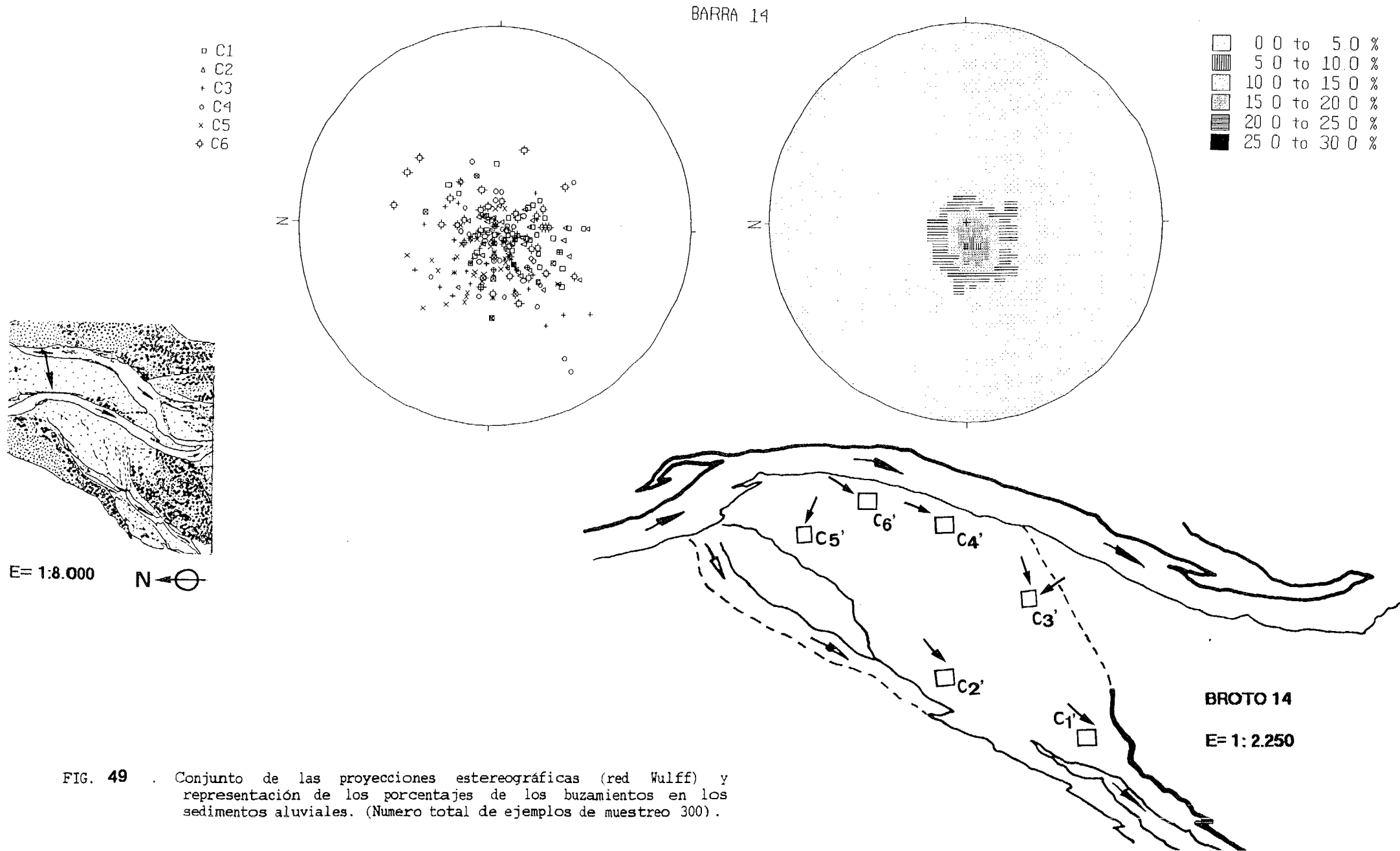


FIG. 49 . Conjunto de las proyecciones estereográficas (red Wulff) y representación de los porcentajes de los buzamientos en los sedimentos aluviales. (Número total de ejemplos de muestreo 300).

BARRA 14

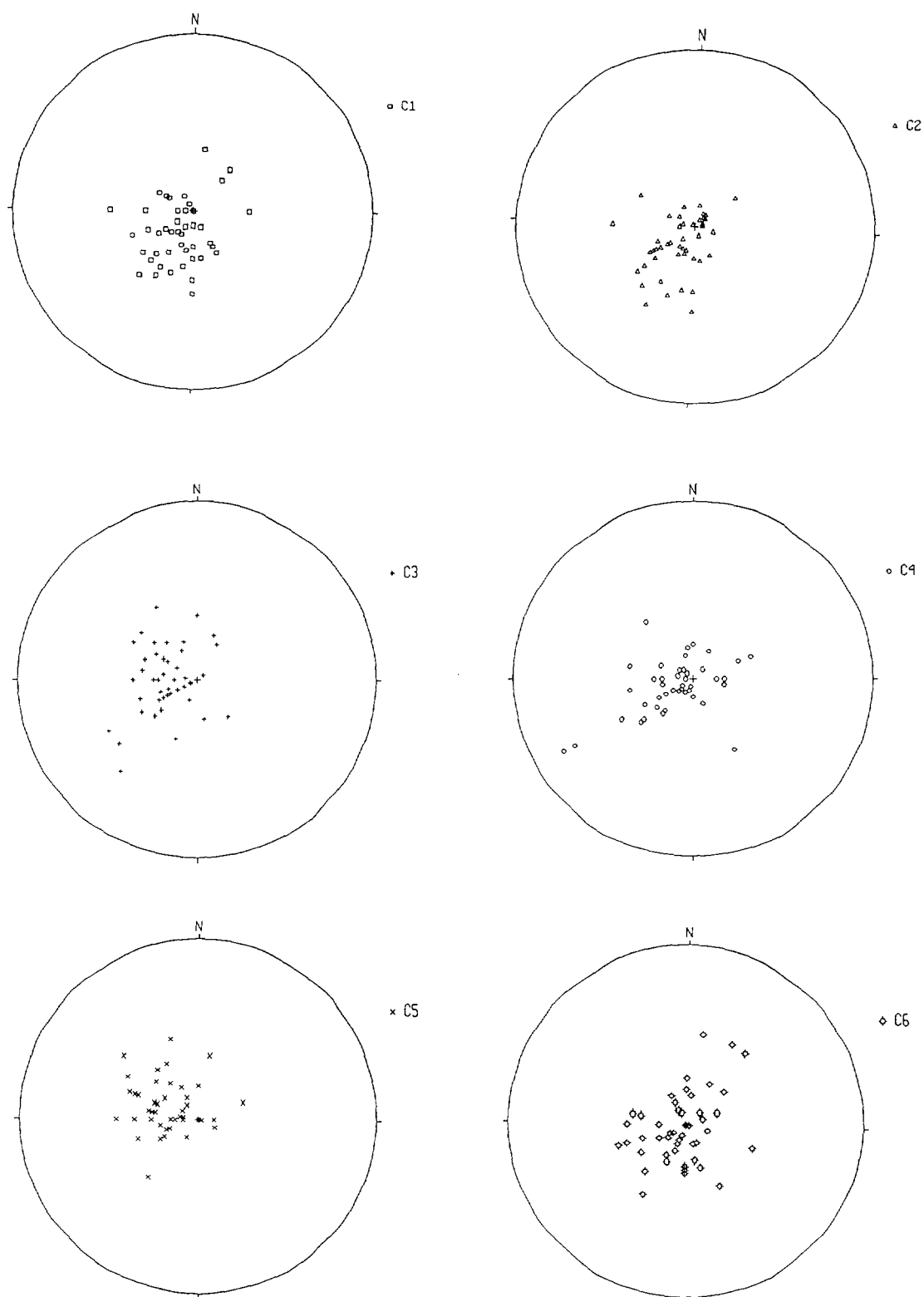


FIG. 50 . Barra 14. Proyecciones esteroográficas (red Wulff) de cada muestreo en los sedimentos aluviales. (Numero de ejemplos por muestreo 50).

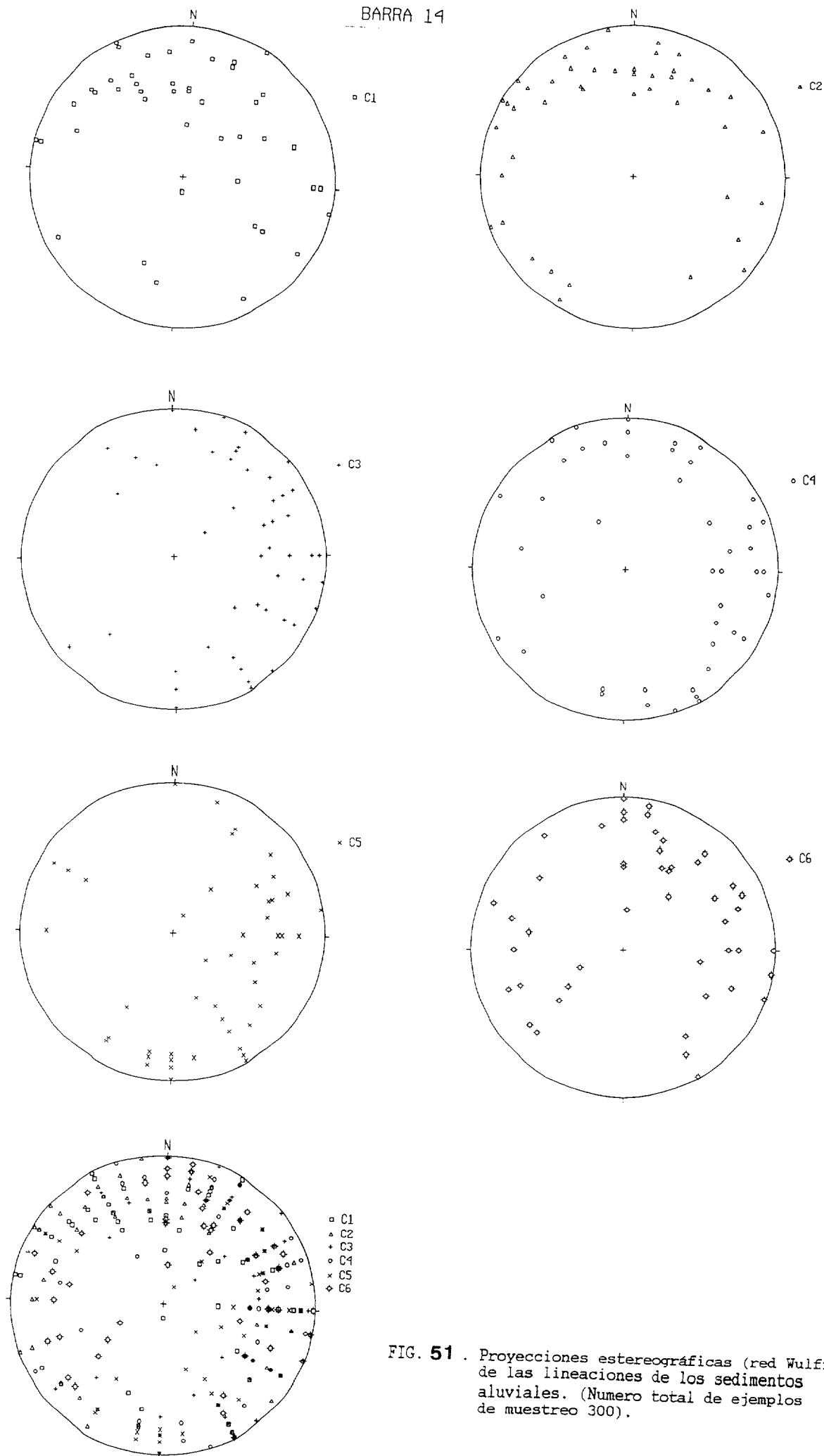


FIG. 51 . Proyecciones estereográficas (red Wulff) de las lineaciones de los sedimentos aluviales. (Numero total de ejemplos de muestreo 300).

Muestra C5'; corresponde a la margen derecha de la cabeza de la barra y apenas tiene influencia de la corriente principal. Únicamente puede estar determinada por una corriente de dirección confusa en épocas de avenidas, ya que su situación corresponde al interior de una curva que efectuaría el cauce. Aunque la dirección media del buzamiento es de 290°NW existe una gran variación en las mismas (Fig.50). Los ángulos de buzamiento nunca son inferiores a 10°SE , con una media de 30°SE aunque a veces algunos cantos llegan a alcanzar los 45°SE ; lo que efectivamente nos indica que en dicha zona de la barra solamente se da movimiento de los materiales en época de gran afluencia de caudal.

Muestra C6'; situada en la margen izquierda de la barra, entre C5' y C4', la dirección dominante es de 240°SW con influencia de la corriente principal. La media de los ángulos de buzamiento es de 20°NE , destacando algunos con valores de 45° (Fig.50).

Muestra C4'; está situada en la margen izquierda de la barra. La dirección del flujo es aproximadamente de 225°SW . Al contrario que el muestreo anterior (C5') tiene gran influencia de la corriente principal. La dirección media de los buzamientos es de 232°SW , con un ángulo medio de 20°NE , destacando algunos valores por encima de 30°NE (Fig.50).

Muestra C2'; se ubica en la margen derecha y a la misma altura que C4', si bien, no tiene ninguna influencia de la corriente principal, es necesario hacer resaltar la tendencia que presentan los buzamientos (con una dirección media de 220°SW) a coincidir con la muestra anterior C4'. Ello hace suponer la importancia que tiene dicha margen derecha de la barra, como zona de desagüe en época de gran afluencia. El ángulo medio del buzamiento es de 20°NE (Fig.50).

Muestra C3'; se sitúa en el segundo tercio de la barra en su margen derecha. La dirección de la corriente principal es de $120^{\circ}/130^{\circ}\text{SW}$ con poca o nula influencia de la misma. Existen dos direcciones de los buzamientos predominantes: la primera, y más

importante, sería de 240°SW con un ángulo de 20°NE y la segunda dirección dominante de 310°NW con un ángulo medio de 30°SE (Fig.50). Ello se explica por la peculiar topografía de esta zona, que al estar algo más elevada, provoca la difluencia de la corriente en dos direcciones prácticamente perpendiculares.

Muestra Cl'; esta muestra se localiza en la punta terminal de la barra. Solamente existe movimiento de material en épocas de gran caudal. La dirección dominante es de 226°SW con una gran dispersión en los ángulos de buzamiento y un valor medio de 30°NE aproximadamente (Fig.50).

Al observar las proyecciones conjuntas de todos los muestreos realizados (Fig.49) se aprecian variaciones en las direcciones que obedecen al hecho de que esta barra no puede ser considerada en su conjunto, aunque existe una dirección dominante de $220^{\circ}/240^{\circ}\text{SW}$. La diferencia de comportamiento que podemos ver, tanto con los datos obtenidos en el muestreo, como con la observación de campo, nos señala las grandes diferencias de las distintas zonas de dicha barra.

En términos generales este depósito no está afectado por la actuación del canal principal en épocas de caudales medios. En la cabeza de la barra, es evidente una zona de turbulencias mientras que a partir del primer tercio hasta la punta hay una clara tendencia al desagüe del exceso de caudal por el canal secundario.

5.3.2. CONSIDERACIONES ACERCA DE LA PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA.

El uso de la Proyección Estereográfica, como método de análisis de direcciones y buzamientos de los cantos, ha resultado una experiencia positiva. Nos ha permitido determinar la dirección de los flujos que han intervenido en la composición y construcción de las barras analizadas. En efecto, se ha advertido una estrecha relación entre la dirección y los buzamientos de los cantos en las barras

actuales y la dirección de las corrientes principal y secundarias que son las responsables del modelado de la morfología de las barras. También nos ha permitido la representación cartográfica de las posibles direcciones de las corrientes en épocas de crecida. Todo ello utilizando una metodología y un lenguaje ya altamente contrastado y desarrollado por su uso en otras disciplinas.

No obstante, en este método hemos advertido la frágil información que dan, aquellos materiales de tamaño reducido (gravas, cantos pequeños) cuyo buzamiento y dirección, a veces no coinciden con la dirección del flujo. Creemos que su caótica distribución está condicionada esencialmente por la microtopografía de la barra y de los espacios intraclastos que entre ellos se generan actuando como pequeñas trampas aluviales. No se puede descartar que los datos, por la dificultad inherente a la toma de estos, tengan un cierto índice de error.

Los resultados más concluyentes los podemos resumir en tres puntos:

- Este método nos permite, con bastante aproximación, determinar la dirección del flujo en épocas de avenidas. Así, podremos predecir la respuesta inmediata de crecimiento o destrucción de las barras ante las crecidas, aunque como veremos en el apartado siguiente, estas formaciones están influenciadas por muchos factores: el trazado del cauce, forma y posición de la barra respecto al mismo, etc.

- Un segundo aspecto que podemos resaltar con este método (si la vegetación lo permite) son las direcciones de las corrientes en barras antiguas, incluso alejadas del cauce principal actual

Por ultimo, hemos observado (contrariamente a lo que esperábamos) que la capacidad de crecimiento de una barra no está limitada exclusivamente al canal principal, sino que (como en el caso de Broto 05) pueden existir canales solo activos durante las crecidas, capaces de movilizar y acrecentar las estructuras fluviales. Es decir,

que puede ser más competente un canal inactivo que un pequeño canal secundario activo.

Posiblemente, si insistimos en la aplicación de esta técnica al estudio de los depósitos sedimentarios cuaternarios, podríamos llegar a establecer patrones de evolución que nos ayudarían a comprender y predecir el proceso evolutivo de las barras. De esta forma y comparativamente podríamos llegar a interpretar procesos y modelados fluviales en las antiguas terrazas.

5.4. CONSIDERACIONES SOBRE LA ORGANIZACIÓN ESPACIAL Y CRECIMIENTO (DE LOS SEDIMENTOS) DE/ EN LAS BARRAS DEL RIO ARA.

Los resultados obtenidos a partir del tamaño medio de los sedimentos (por medición del eje L) demuestra que existen diferencias importantes entre las barras del sector de Broto y las del sector de Aínsa, y que hay una marcada tendencia a que los sedimentos se organicen de un determinado modo en el espacio. Las diferencias más destacadas se basan en las dimensiones de las barras y en el tamaño de los materiales que las componen. En Aínsa son sensiblemente mayores y predominan las formas longitudinales. Este tipo de barras según RUST (1972) son mucho más estables produciéndose únicamente cambios durante los picos de crecida. A ello hay que sumar que las vertientes están mucho más alejadas y son más suaves que en el sector de Broto, por lo que el aporte de sedimentos es menor. En Broto son frecuentes los bloques de origen morrénico -movilizados por barrancos que atraviesan depósitos glaciares laterales-, o claramente torrenciales, con más de 30 cm. ó 40 cm., mientras que el carácter fluvial del material es mucho más evidente en el sector de Aínsa. No obstante, las diferencias entre Broto y Aínsa, por lo que respecta al tamaño de las gravas, no son siempre lineales: según el punto de muestreo, el tamaño medio puede ser ocasionalmente menor en Broto, pero ello, no es si no, un reflejo de la complejidad que adoptan los modelos sedimentarios.

Un estudio de los tipos de barras de ambos sectores, demuestra el predominio de las barras compuestas y de los "point bars". Las primeras corresponden a barras de grandes dimensiones, sometidas a varios ciclos de construcción y destrucción. Normalmente están formadas por uno o varios fragmentos colonizados por matorral o incluso por vegetación arbustiva, separados por ambientes con sedimentos más recientes, a lo sumo, con algunas herbáceas anuales. Estos nuevos sedimentos, se abren paso a través de canales secundarios. A veces, lo que se produce es simplemente un recubrimiento pelicular de una parte de la antigua barra por una lámina de sedimentos recientes; pero otras, asistimos a una destrucción parcial, produciéndose, incluso, un ligero encajamiento de los aluviones recientes por debajo del nivel de los antiguos. Estas barras compuestas las encontramos tanto en Broto como en Aínsa, pero es en este último sector donde están mejor desarrolladas (Fig.32 Aínsa 04 y Fig.33 Aínsa 05; ver cartografía 1:5.000).

Los "point bars", en cambio, tienden a predominar más en el sector de Broto, un buen ejemplo lo tenemos en la barra 09 (Fig.23). Son barras muy elementales, vinculadas a tramos fluviales no excesivamente anchos, asentándose en las incurvaciones de los meandros.

Otras barras definidas en la zona de estudio son las de tipo longitudinal, no siempre bien formadas, y que posiblemente son el resultado de "point bars" en etapas muy avanzadas de transformación por cambio de dirección del canal principal.

Finalmente, hemos de decir, que únicamente se ha encontrado una barra media a lo largo de los dos tramos estudiados (Aínsa 08, Fig.36). Ello, tal vez se explique porque estas barras sólo aparecen en tramos fluviales muy dinámicos, con importantes aportes de sedimentos y cambios rápidos de la morfología; seguramente es lo que sucede en el tramo final de Aínsa, reactivado por:

- la movilización de sedimentos con maquinaria (extracción de gravas),

- la construcción de un dique que canaliza al río, disminuyendo su sinuosidad y por consiguiente aumentando la capacidad de transporte de materiales (ERSKINE, 1985; DERBY y THORNE, 1992),

- y por último, la localización en las inmediaciones aguas abajo de la cola del embalse de Mediano que ha alterado el nivel de base del río, perdiendo competencia y produciendo un abandono notable de los sedimentos (FERGUSON, 1986; SCHUMM, et al., 1984 y 1987).

Las repercusiones que tiene todo ello, es la reactivación de procesos de transporte y sedimentación a lo de todo el curso del río, aunque se acusa más en la zona de Aínsa, justo cuando el río pierde su potencia.

Por otra parte, la organización espacial de los sedimentos en superficie, muestra gran variabilidad de acuerdo con los tipos de barras. En los modelos sencillos ("point bars", barras longitudinales) los cantos siguen una distribución muy repetitiva. En cabeza, donde la energía del agua se divide -perdiendo gran parte de su capacidad de transporte-, se sitúan las gravas de mayor tamaño, que pueden llegar a ser verdaderas acumulaciones de bloques, entre los que se localizan los cantos más pequeños o incluso arenas. Aguas abajo, se produce un claro descenso del tamaño, que alcanza valores mínimos en el extremo de la punta. Las márgenes tienden a incrementar el tamaño medio del sedimento en aquellas zonas donde se sitúa el canal principal, como consecuencia del efecto de lavado producido por las aguas de avenida. Cuando la diferencia de tamaños de los cantos, entre la cabeza y la punta es muy grande, el extremo de aguas arriba forma una clara convexidad que destaca por encima del cauce, y desde allí la barra desciende más suavemente (DIAZ MOLINA, 1984). Como es lógico, las aguas de avenida al chocar contra la barra, disminuyen su energía y hacia aguas abajo transportan sólo sedimentos más finos, mientras los más gruesos quedan retenidos en cabeza. De esta forma, y de acuerdo con RUST (1971), nos encontraríamos con dos tipos de crecimientos distinto según el tamaño de los sedimentos. El primero y más abundante, en el caso del río Ara, es el crecimiento aguas arriba (cabecera de la barra) donde se aparecen los materiales más gruesos; y

un segundo tipo con sedimentos mucho más fino que crecería aguas abajo (o punta terminal).

Los modelos más complejos de barras presenta, por el contrario, una gran desorganización del material, con una notable variabilidad interna en el tamaño de los cantos. Ello se debe a que son barras que responden a fases sucesivas de destrucción e incorporación de sedimentos, junto con fragmentos de barras antiguas que han quedado aislados o rodeados por irrupciones más recientes de gravas dando cierta estabilidad a la barra (ejemplo Aínsa 05, Fig.33). En los sectores más antiguos, muy colonizados por árboles y arbustos, y ligeramente sobreelevados respecto al cauce principal, las avenidas pueden pasar por encima, pero la velocidad del flujo de las aguas no es suficiente como para aportar gravas. Así es como se forman acumulaciones de arena que aumentan aún más la complejidad con que se organizan los sedimentos en superficie y que a la vez ayudan a que la vegetación se asiente más.

En todo caso las barras seleccionadas en el sector de Broto, muestran una mejor organización que las de Aínsa. Esta diferencia puede deberse no sólo a que en este último sector predominan las barras complejas sino también, a que en Broto, al haber mayor proporción de bloques, pueden formarse concentraciones de sedimentos más gruesos; a partir de los cuales comienza a generarse una disminución del tamaño del material hacia aguas abajo. Por otra parte las barras de Broto son algo más inestables, característica que le confiere su gran tamaño granulométrico (CHURCH y JONES, 1982).

La observación de las barras seleccionadas confirma que su desarrollo está sujeto a pautas muy diferentes. En tan sólo algunas barras, el crecimiento se acentúa hacia aguas abajo, en la punta (aunque no es lo corriente, un ejemplo claro lo tenemos en Broto 13, Fig.27), o también, por el borde que linda con el canal principal. Esta situación se da cuando la barra esta muy cerca de la orilla y la cabeza queda desconectada de la entrada de aguas de avenida. Pero lo habitual, en la mayoría de las barras, y como ya hemos comentado

anteriormente, es que el crecimiento se produzca hacia aguas arriba; en este caso la cabeza se enfrenta a las aguas de avenida, aumentando la rugosidad y reteniendo una parte de los sedimentos. El efecto de dispersión de flujo al que se someten las aguas al chocar, hace que las márgenes de la barra puedan crecer lateralmente por adición de materiales nuevos.

Finalmente, cuando el agua atraviesa transversalmente a la barra, más que un auténtico crecimiento, se observa una movilización de los sedimentos antiguos y sustitución de los mismos por láminas nuevas de gravas (BLACK, 1982) (Ainsa 04, Fig.32).

Estos ejemplos demuestran que, aunque pueden haber unas pautas generales de crecimiento de las barras, existen situaciones muy diversas que dependen de su forma y dimensiones, de su posición respecto al canal principal y respecto a la dirección que siguen las avenidas de alta energía. Una ligera modificación del trazado en los canales puede dar lugar, en última instancia, a un cambio en el sentido de la movilización de los sedimentos y a una paralización o alteración de la construcción de estructuras sedimentarias.

6. LAS TRANSFORMACIONES DEL PAISAJE FLUVIAL: 1929-1988.

La cartografía no trata sólo de reflejar los posibles cambios de trazado en el río Ara sino fundamentalmente de definir la evolución en la estructura paisajística. La organización de las barras sedimentarias y el estado de su colonización vegetal son los elementos que mejor definen el funcionamiento geomorfológico de un río. Para ello, en primer lugar, hemos cartografiado el lecho fluvial, con los fotogramas aéreos correspondientes para el río Ara (1929, 1946, 1956, 1981 y 1984) y el río Cinca (1929, 1957, 1981, y 1988), y en segundo lugar, hemos homogeneizado las escalas para poder establecer las comparaciones pertinentes.

En la representación conjunta de la cartografía se refleja el grado de actividad del cauce, así como su variabilidad espacio-temporal. Creemos que el mejor método es indicar el grado de recubrimiento de la vegetación. Hemos distinguido cinco diferentes categorías:

1. El cauce actual, ocupado permanentemente por las aguas incluso en los momentos de estiaje.

2. Los ambiente inundados en crecidas de alta frecuencia, es decir, varias veces por año, y que coincide con barras muy bajas, de pequeño tamaño, y con las bordes de barra mayores; carecen de vegetación.

3. Barras sin vegetación plurianual; son barras con una ligera colonización por parte de herbáceas sometidas a inundaciones frecuentes, quizás al menos un vez por año, con cambios en los sedimentos por arrastre o deposición, lo que imposibilita la creación de estructuras vegetales duraderas.

4. Barras colonizadas por especies de porte arbustivo; se incluyen en esta categoría barras en una fase bastante avanzada de colonización vegetal, a veces antiguos ambientes con árboles y arbustos, que han sido intensamente explotados por pueblos próximos. Son barras que quedan por encima de las avenidas más frecuentes, aunque pueden verse inundadas por una delgada lámina de agua que deja sedimentos arenosos sueltos junto a ramas y troncos de árboles, sin llegar a depositar materiales gruesos. Sin embargo, pueden verse afectadas por erosión lateral de canales principales o secundarios, que en su divagación hacen retroceder a la antigua barra hasta su desaparición.

5. Por último, las barras con árboles y arbustos, que fitoestabilizan los aluviones, representan un estadio más avanzado que el anterior, a veces no más antiguo, sino mejor conservado. Suelen aparecer en los límites externos del canal, relativamente preservados de la antigua divagación del río. Su presencia indica estabilización, aunque, como en el caso anterior, algunas avenidas pueden depositar capas de arena, especialmente en los sectores donde la rugosidad del suelo o biológica frena la velocidad de las aguas corrientes.

6.1. EVOLUCION DEL TRAZADO DEL RIO ARA.

Las inundaciones de 1788 y finales del siglo pasado, 1884, ocasionarían retoques importantes en la morfología de los lechos (MOPU, 1985); a pesar de no tener datos, nos quedan comentarios escritos que muestran la magnitud de estos hechos. En 1907 tiene lugar la primera gran avenida de este siglo, registrándose 1100 m³/sg. medidos en Boltaña y 1500 m³/sg. en Ainsa. Sería, seguramente en esta ocasión cuando los ríos pudieron haber cortado parte de sus márgenes y ampliado algo más su lecho.

1929.

Los cambios aparentemente más importantes se producen entre 1929 y 1946. En la primera fecha el canal está bien definido, aunque

cerca de la desembocadura pueden identificarse algunos brazos muertos, parcialmente ocupados por agua, típicos de ambientes trenzados (Fig.53). En esta época, la zona ocupada por el cauce es la más estrecha de todo el período estudiado. Es importante también tener en cuenta un hecho muy significativo: se trata de un cauce muy activo en el que ninguna barra posee sectores colonizados por árboles y arbustos; sólo algunas pequeñas barras se hallan ocupadas por matorral. Ello demuestra que se trata de un río con una alta tasa de renovación de las estructuras sedimentarias; es decir, el tiempo transcurrido entre la formación de una barra y su destrucción, no es suficiente como para permitir la instalación de vegetación permanente. Es un ejemplo típico del río torrencial, con avenidas muy frecuentes que tienden a ocupar todo el lecho (RUBIO Y HERNANDEZ, 1990).

La observación de los mapas demuestra que estamos en presencia de un río muy dinámico, sometido a grandes cambios de estructuras paisajísticas durante el presente siglo. A pesar de ello, a grandes rasgos se mantiene la forma general del trazado, inicialmente con un tramo estrecho y el ensanchamiento del sector medio e inferior. Pero, aparte de esta primera visión de conjunto, todo ha cambiado: situación del cauce principal, forma y tamaño de las barras y grado de colonización de las mismas.

1946.

En estos 17 años la fisonomía del río ha cambiado significativamente. La modificación más relevante es la ampliación de anchura del lecho cerca de Margudged, a costa de la Terraza inferior (4-6 m). Lo cierto es que a la salida del tramo más estrecho, unos 3 Km. aguas abajo de Boltaña, el río experimentó un brusco ensanchamiento con ampliación hacia la margen izquierda en la que creó momentáneamente un nuevo canal que se abrió paso por la Terraza 4-6 m., dejando en el centro un resto de la misma colonizado por árboles y arbustos, lo que contrasta con el resto del río, aún pobremente ocupado por la vegetación en ese momento (Fig.52). Posiblemente, esta modificación, se explica por las grandes avenidas ocurridas en octubre de 1937 y agosto de 1942, en las que el río llegó a desaguar, al

menos, 1200 y 1300 m³/sg. respectivamente. En esas condiciones el río Ara pudo abrir un nuevo cauce, cambiando localmente la anchura y la localización de los canales principales y desarrollo de gran canales/cursos secundarios, muy diferentes en el último tramo a los cartografiados para 1929. Seguramente esas avenidas son también responsables de la casi total desaparición de barras con vegetación en el sector medio e inferior del área estudiada. Se han desarrollado, en cambio, barras medias longitudinales de notable extensión, más amplias y mejor conformadas que en 1929, producto seguramente de los acarrees producidos por las avenidas.

1956.

El cambio más aparente contemplado en el período que comprende estos 10 años, no se refiere tanto a la ampliación del lecho sino a la estabilización de las barras. La cartografía (Fig.52) muestra como se desarrolla la vegetación a partir de áreas marginales (point bars y barras laterales principalmente). Si hasta este momento dominaban las estructuras sin apenas vegetación o con plantas de carácter anual, en este momento, numerosos ambientes muestran una clara tendencia hacia la estabilización con árboles y arbustos. A medida que nos vamos acercando al centro del canal, las barras medias o longitudinales, más expuestas a la variaciones del caudal de agua, quedan escasamente cubiertas por la vegetación. Es un período carente de fuertes avenidas, caracterizado, por el contrario, por caudales muy bajos, especialmente entre 1948 y 1952. Pequeños retrocesos laterales son los únicos efectos que muestran la actividad erosiva del río.

1981.

La evolución sufrida por el río en este período es también importante. Las barras se hallan mayoritariamente colonizadas por la vegetación de tipo arbóreo (en las más alejadas del canal) y de tipo arbustivo y matorral en la parte central de las barras medias o longitudinales. Los escarpes que delimitan el cauce han sido retocados en varios puntos (Fig.52); y el número de canales ha aumentado, sobre todo cerca de la desembocadura. Una explicación de este último fenómeno parece encontrarse en la construcción del Embalse de Mediano

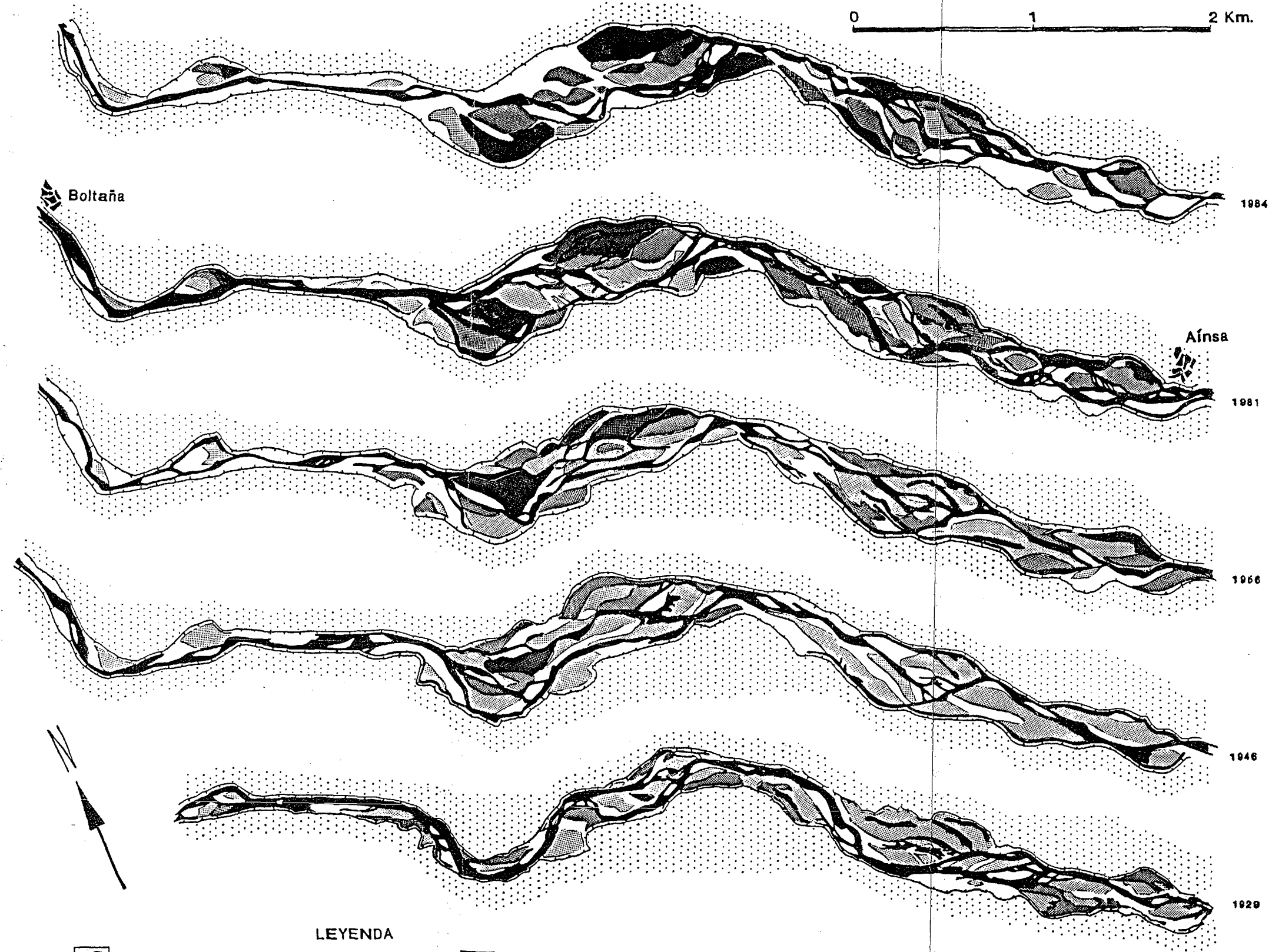


FIG. 52 EVOLUCION DEL TRAZADO DEL CURSO BAJO

DEL RIO ARA (1929-1984).

(1974), con el consiguiente levantamiento del nivel de base local y pérdida de energía por desaceleración del flujo (HARVEY et al., 1979; FERGUSON y WERRITTY, 1983; KOSS, 1992; SCHUMM, 1993).

1984.

Sólo tres años después, el cauce ha sufrido modificaciones destacadas, aunque siguiendo la misma tendencia iniciada en 1981. Aparte de la erosión en las márgenes y de las barras provocadas por las avenidas extraordinarias de 1982 ($1540 \text{ m}^3/\text{sg.}$ de máxima instantánea), el lecho fluvial tiene un aspecto distinto; el número de canales es mucho más reducido -influyendo en ello el nivel del embalse-. Podríamos hablar de un único canal principal dividido ocasionalmente en algún punto (Fig.52). También han aumentado los "braid-bars" con escasa o ninguna cobertura vegetal. Sin duda, la pérdida de competencia que ha sufrido el río Ara en los últimos años que bien reflejada aquí; la disminución en la capacidad de transporte ha desencadenado el desarrollo de los procesos sedimentarios y la acumulación de importantes masas de acarreo en la confluencia de ambos cauces. Esta progresiva deposición y la propia incapacidad del río para incidir, ha ocasionado la subida del nivel del agua que de este modo, puede inundar más fácilmente y con más frecuencia las barras del lecho impidiendo así el avance de la vegetación (SMITH, 1976).

1988.

En este período se observan cambios espectaculares. Para proteger zonas cultivadas de la margen derecha, periódicamente invadidas por las avenidas, se ha construido un dique de 5 m. de altura y 4 m. de anchura, a lo largo de 4 Km. que afecta también al torrente Ena, último afluente por la derecha. Este fenómeno tiene importantes consecuencias hidrodinámicas, pues provoca una inmediata pérdida de sinuosidad al limitar la anchura del fondo de valle por la que fluye el río. Incluso, el canal principal circula momentáneamente adosado y rectilíneo al dique, que ha sido roto en un punto por las últimas avenidas de Agosto de 1988. La cartografía general (1:5.000) muestra un aumento de las barras transversales, que debe estar

motivado por la subdivisión de barras mayores en otras unidades más pequeñas, que se disponen de modo transversal al flujo. Asimismo, se ha producido un notable aumento de la velocidad de las aguas y a la limitación espacial de la zona de las avenidas, con el consiguiente incremento de la energía disponible (KELLER y BROOKES, 1984).

6.2. EVOLUCION DEL TRAZADO DEL RIO CINCA EN LA ZONA DE AÍNSA.

Para una mejor comprensión de esta evolución también se ha examinado la dinámica de las barras en río Cinca, a cuyo cuenca van a confluir las aguas del río Ara. El sector estudiado comienza aguas arriba de Escalona y concluye en Aínsa.

El río Cinca al recibir las aguas del río Ara, forma parte de un tramo más amplio, que se inicia en el momento que el Cinca sale del confinamiento a que le obliga el paso a través de las calizas de las Sierras Interiores. Al llegar a la serie flysch y a las margas de la Depresión media, el valle se amplía ligeramente y los materiales son menos resistentes, lo suficiente como para que el río, en su divagación, haya creado un lecho trenzado muy espectacular y sometido históricamente a importantes cambios. La formación de barras se inicia de forma clara en las proximidades de Lafortunada, generalmente barras longitudinales y apuntadas, con gravas muy gruesas. Por eso, es a partir de la incorporación del río Bellos -procedente de Añisclo- cuando la forma de valle y la mayor disponibilidad de sedimentos determinan la nueva morfología del lecho (Fot. 10, 11, 12 y 13). Aguas abajo de Aínsa el modelo trenzado adquiriría aún mayores dimensiones, al ensancharse el valle y al incorporarse las aportaciones del río Ara, y así lo reflejan las fotografías aéreas de 1929 y 1956. Sin embargo, la construcción del embalse de Mediano -cuya cola llega prácticamente hasta el puente sobre el Cinca en Aínsa- oculta toda la estructura.

La observación de los cuatro mapas (1929, 1956, 1981 y 1988) confirma que ha habido cambios muy importantes en el río Cinca, tanto en el trazado de los canales principales y secundarios como en la

forma de las barras y en su grado de colonización. En general, no obstante, si no se entra en mayores detalles, la forma del cauce ha experimentado pocas variaciones, con dos sectores estrechos (aguas abajo de Escalona e inmediatamente aguas arriba de Aínsa) y un gran ensanchamiento entre ambos.

1929.

El hecho más característico es la ausencia generalizada de barras bien colonizadas por la vegetación (Fig.53). El sector más inestable se observa inmediatamente aguas abajo de Escalona; mientras que aguas arriba de esta localidad, a la derecha del canal principal, se sitúa una gran estructura sedimentaria en fase muy inicial de colonización. Pequeñas manchas con matorral y arbolado aparecen muy dispersas -la más importante, cerca de Aínsa-, lo que demuestra que estamos en un ambiente muy dinámico, sometido a frecuentes avenidas, cambios de trazado, destrucción de estructuras anteriores y construcción de otras nuevas. Es evidente que hay mucha movilidad de sedimentos y que las barras se comportan como almacenes de materiales que se renuevan con tasas muy rápidas. Cerca de Aínsa, en la margen derecha, se ha producido una pequeña irrupción lobulada de sedimentos en una terraza muy reciente, prácticamente ganada al río.

1957.

Durante este período, sigue habiendo todavía poca vegetación sobre las barras, pero disminuye la proporción de las más activas (Fig.53); es decir de aquellas sometidas a inundaciones frecuentes, incluso varias veces por año. La ancha zona central del tramo estudiado se muestra mucho menos dinámica y se ve afectada por una incipiente colonización. El cono de deyección situado frente a Escalona, inmediatamente aguas arriba de esta localidad, ha experimentado una importante reducción superficial, lo que se explica por el hecho, de que el cauce va pegado localmente a la orilla izquierda. Aguas abajo del cono, es donde se mantiene la mayor actividad del cauce. El trazado del canal se mantiene a grandes rasgos igual que en el mapa anterior, a pesar de las fuertes avenidas de

octubre de 1937 y de agosto de 1942, que -como vimos- tuvieron importantes repercusiones en el río Ara (RUBIO y HERNÁNDEZ, 1990).

1981.

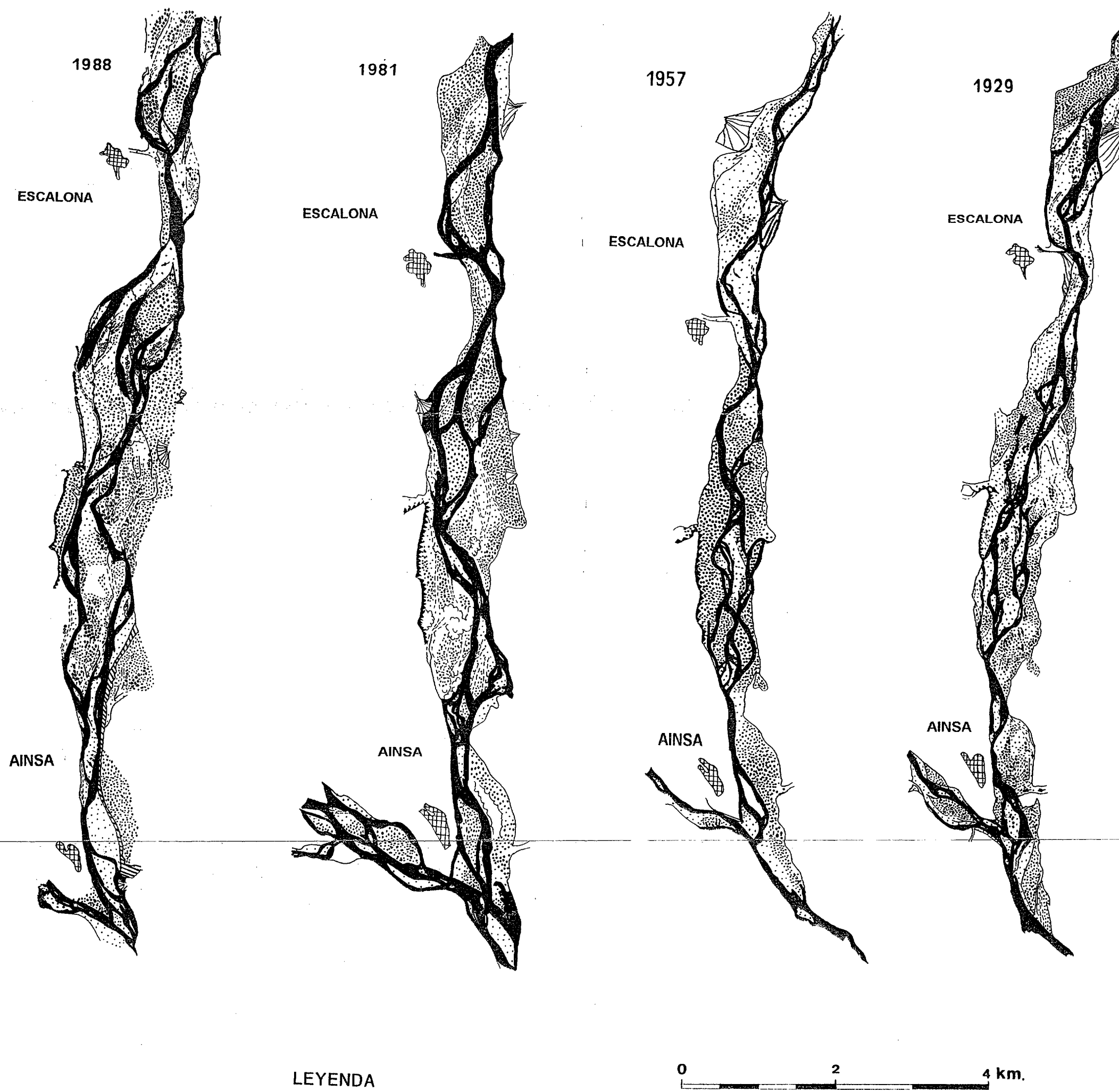
Las zonas más activas se limitan a pequeños "point bars", aguas arriba de Escalona y a la unión con el río Ara (Fig.53). En el resto del cauce se observa una marcada tendencia hacia a la colonización vegetal. En numerosas barras ha penetrado claramente el matorral y el arbolado, reflejo de la mayor estabilidad. El cono frente a Escalona ha seguido reduciendo su superficie, a la vez que se ha eliminado la pequeña irrupción de sedimentos ya señalada en 1929 dentro de la orilla izquierda. Los canales han cambiado ligeramente su posición y así el Cinca circula más pegado a su orilla derecha a la altura de Escalona, creándose un nuevo trazado en el sector central del tramos estudiado. Aguas abajo de Escalona, al principio del tramo ancho, se ha producido un desplazamiento del canal principal hacia la derecha, eliminando parcialmente lo que HERNANDEZ (1991) llama Terraza T₀, que en realidad es un sector ganado artificialmente al río. No obstante existen evidencias atribuibles a la gran crecida de noviembre de 1966. Es importante citar la apertura de varias graveras para la extracción de áridos, precisamente en el momento en que más acusada es la tendencia a la fitoestabilización.

1988.

En estos siete años, se han producido algunos cambios importantes al igual que en el río Ara. Se han construido diques de hasta 5 m. de altura y 4 m. de anchura, con grandes bloques, para evitar la progresión lateral del río Cinca y delimitar su trazado en un intento de canalización. En el momento en que se tomó la fotografía aérea se había construido ya un dique de 1500 m. en la orilla izquierda, aguas arriba de Aínsa, para proteger antiguas huertas que pueden servir de expansión para infraestructuras municipales. También había otro dique más corto aguas abajo de Escalona, en la orilla derecha, precisamente en el tramo que ya en 1981 había experimentado un retroceso. Posteriormente el dique de la orilla izquierda ha seguido progresando hacia aguas arriba, como asimismo, el de la orilla derecha, llegando ya hasta Escalona, lo que acentúa todavía más la

EVOLUCION DEL TRAZADO DEL CURSO BAJO DEL RIO CINCA
(1929-1988)

FIG. 53.



LEYENDA

0 2 4 km.

N
↑








- | | |
|---|---|
|  Pueblo |  Barra joven sin vegetacion |
|  Dique |  Barra joven con matorral disperso |
|  Barra antigua con arboles y arbustos |  Invasion de sedimentos recientes sobre barra antigua con vegetacion arbustiva y arborea |
|  Barra antigua con matorral | |



Foto 10. Valle del río Cinca (Aínsa). Junio 1.977 .



Foto 11. Valle del río Cinca (Aínsa). Agosto 1.984 .

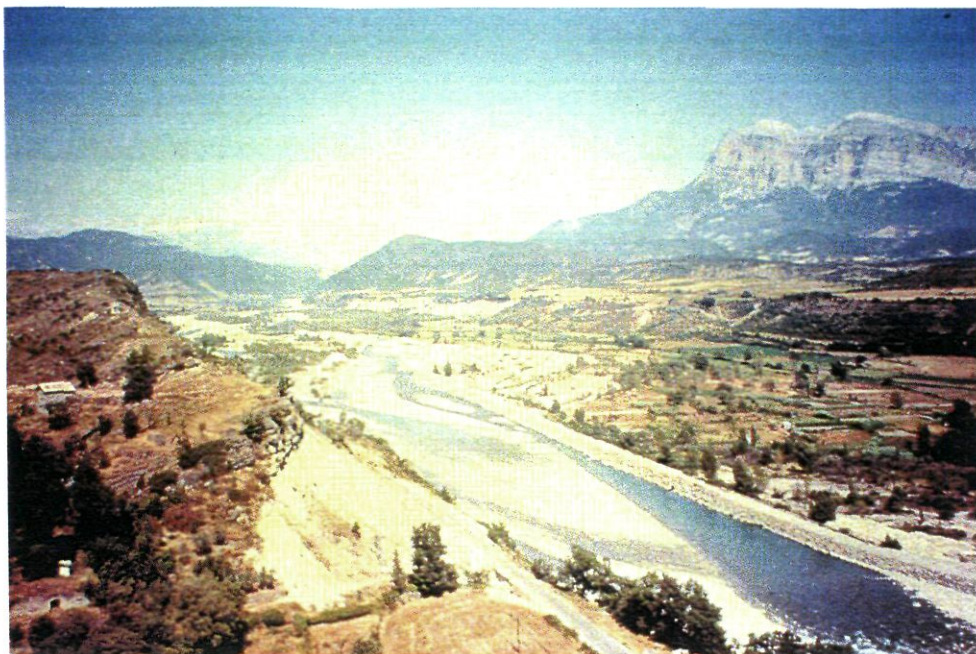


Foto 12. Valle del río Cinca. Septiembre 1.988 .

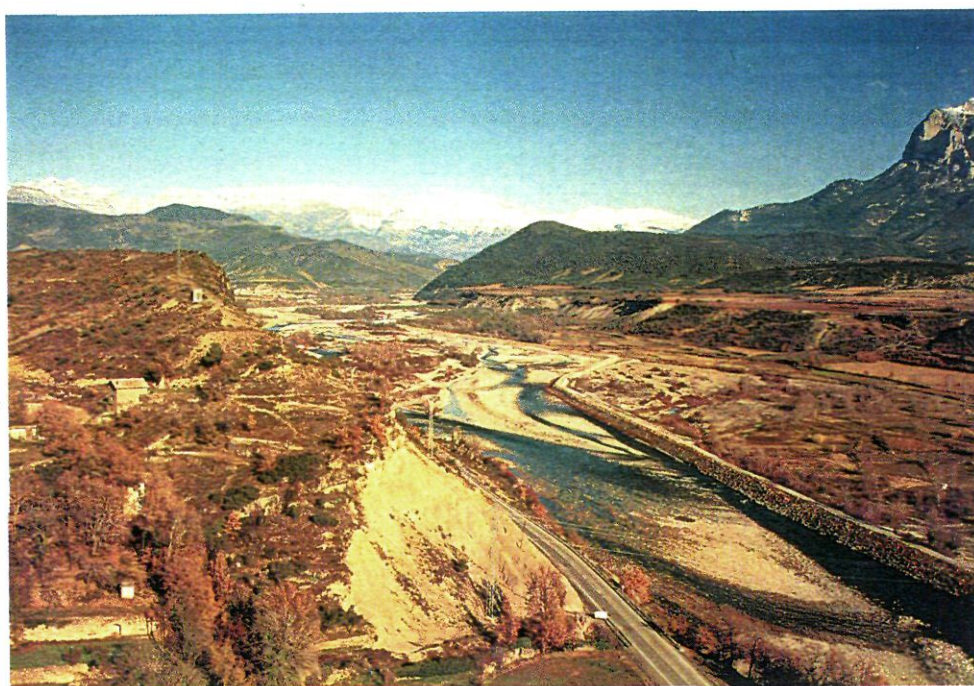


Foto 13. Valle del río Cinca. Diciembre 1.993 .

canalización del Cinca. Además, aguas abajo de esta localidad, se ha abierto un canal artificial por el que, se supone, se desviarán más adelante las aguas del Cinca.

El mapa de 1988 muestra una ruptura con la tendencia dominante hasta 1981, ya que han aumentado, de nuevo las zonas inestables. Así sucede, en la zona canalizada junta a Aínsa, donde dominan ahora las barras jóvenes, sin vegetación; son barras elementales (longitudinales e incluso diagonales), lo que demuestra que se trata de un ambiente nuevo, que ha destruido las estructuras anteriores. Este fenómeno se puede interpretar en un doble sentido, no necesariamente contradictorio: por un lado, la construcción del dique ha implicado mucho movimiento de maquinaria y movilización del material del lecho, lo que significa una alteración de los modelos precedentes; por otro lado, la actividad de la maquinaria aguas arriba, permite poner en circulación sedimentos almacenados en el cauce o barras antiguas, comportándose como una fuente excepcional de liberación de materiales que son los que contribuyen a formar nuevas barras aguas abajo. Igualmente se ha reducido la actividad frente a Escalona, donde el cono de deyección ha desaparecido. En general, el río tiende a circular más pegado a ambas orillas. Es importante, asimismo, considerar que muchas barras antiguas presentan bordes netos en su contacto con los canales actuales, a modo de escarpes erosionados. Esto significa que ha habido una clara ruptura de equilibrio, por tratarse de un hecho generalizado: el río Cinca está destruyendo parte de sus antiguas estructuras sedimentarias, incluso encajándose ligeramente en ellas. Las razones son en todo caso discutibles y se apuntan en el próximo subapartado.

Por último, debe apuntarse que la fotografía aérea de 1988, nos refleja ya las posibles consecuencias morfológicas de la avenida extraordinaria de 1982 (con un registro de $1.540 \text{ m}^3/\text{sg.}$ en Aínsa y más de $3.500 \text{ m}^3/\text{sg.}$ en Fraga).

6.3. LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS ARA Y CINCA.

En los últimos años numerosos estudios se han dedicado a la observación y al comportamiento de los cauces fluviales en su confluencia. Hasta ahora, el interés por conocer la dinámica y evolución de los ríos había contado con la inmensa mayoría de los trabajos de geomorfología fluvial; sin embargo en la actualidad, se ha empezado a presentar más atención a diversos aspectos como características del flujo, sedimentación, etc. estas zonas donde confluyen los cauces (LODINA et al. 1971; ITAKURA, 1972; RICHARDS, 1980; PIERI, 1984; ROY, 1985; BEST, 1986 y 1987; KOSS et al., 1994).

Los primeros autores en marcar unas pautas de investigación han sido los autores anglosajones, destacando entre ellos MOSLEY (1975) y más recientemente BEST (1985), PETTS y THOMS (1987), ROY et al., (1988) y REID et al. (1989), con observaciones y mediciones de hechas en el campo y a través de múltiples experimentos de laboratorio.

La confluencia de los ríos son componentes fundamentales dentro de la cuenca de drenaje, tanto por sí mismas como por el alto grado de variabilidad que presentan, teniendo implicaciones importantes para el transporte de sedimentos, para la posterior creación de barras y canales, en el caso de nuestros ríos y la paulatina erosión de las márgenes (REID et al., 1989).

Desgraciadamente, en nuestra zona de estudio, no se pueden analizar hoy los factores características que definirían la confluencia de los ríos Cinca y Ara, ni tampoco las modificaciones experimentadas en el trazado del flujo y en las morfologías del lecho aguas abajo de su unión. El lugar donde se juntan los caudales de ambos ríos ha pasado a constituir desde 1974 la cola del Embalse de Mediano, por lo que tanto las formas generadas como la sedimentación y el funcionamiento hidrológico se han visto alteradas y transformadas considerablemente (Fot. 14, 15 y 16). La caracterización que haremos,

entonces, de la confluencia de Aínsa estará basada en las fotografías aéreas de 1956, 1976 y 1984 (Fig. 54, 55 y 56).

Según BEST (1986) hay dos aspectos importantes en la confluencia de dos ríos:

- el ángulo que forman la unión de ambos canales y
- la relación existente entre la descarga de uno y otro cauce.

Por su parte MOSLEY (1975, 1976) diferencia dos tipos básicos de confluencia (Fig. 56):

- Asimétricas, aquellas en las que el canal originado forma una línea siguiendo la dirección de la corriente principal.
- Simétricas, que presentan morfología en Y, como en el caso de los ríos Ara y Cinca.

Desde el punto de vista del comportamiento de ambos cauces se pueden distinguir también unas áreas con rasgos propios (HERNANDEZ, 1991) (Fig. 56):

Zona estancada. Sería la formada por una barra longitudinal entre la margen derecha del río Cinca y la izquierda del Ara; cubierta por vegetación arbórea y arbustiva muy densa. En el mapa de 1957 es donde mejor aparece desarrollada. Según BEST (1986) es el lugar más propicio donde se encontrarían las caras de avalancha que forman la desembocadura de ambos cauces.

Zona de desviación del flujo. El Cinca, tras pasar la localidad de Aínsa, se desplaza con una pequeña incurvación hacia su margen derecha apreciándose claramente en los dos momentos cartográficos.

Zona de separación del flujo. Consideramos como tal, la barra lateral que queda a la izquierda de la desviación del flujo. Aparece muy bien reflejada en 1956, situándose en la actualidad al final de la arboleda situada en la orilla derecha del Cinca (pueblo nuevo de Aínsa) (Fig. 56).

Arrea de máxima velocidad del flujo. Localizada en la incurvación del canal, trasladándose en la actualidad hacia la izquierda del lecho y encajándose en la cola del Embalse.

Finalmente, hay una última parte de restablecimiento del trazado normal del flujo con barras a uno y otro lado del canal hacia el final del embalse (Fig. 56).

6.3.1. CONSECUENCIAS DE LA DESEMBOCADURA DEL RIO ARA.

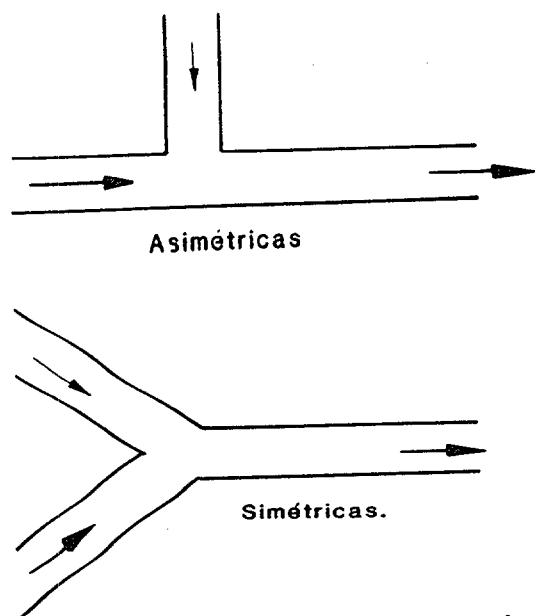
La influencia que el río Ara puede haber tenido sobre el Cinca en su desembocadura puede verse en algunos aspectos que esbozamos aquí y que estudiaremos posteriormente:

- El Cinca sufre un desplazamiento general a la izquierda provocando mayor erosión en esta margen a la que se tiene que proteger frecuentemente. En la actualidad y cuando el nivel del Embalse lo deja ver, el río va totalmente pegado a aquella orilla (Fot. 17).

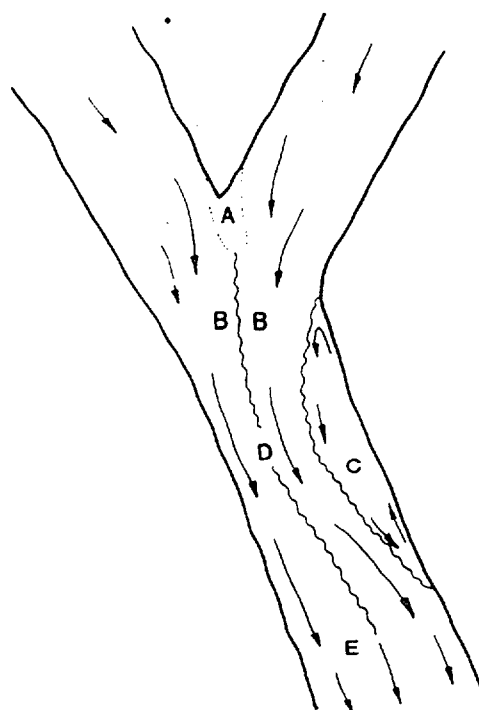
- Presencia de barras progresivamente más estabilizadas en la zona derecha del cauce del río Cinca. Puede verse en la cartografía de 1984.

- El lecho del río se amplía y las barras parecen ser de mayores dimensiones y más estables (Fig. 55).

- La morfología del río se modifica un poco, sigue teniendo carácter braided como lo refleja la situación de las barras a lo largo



Tipos de confluencia (BEST, 1986).



Partes principales (ROY et al., 1988).

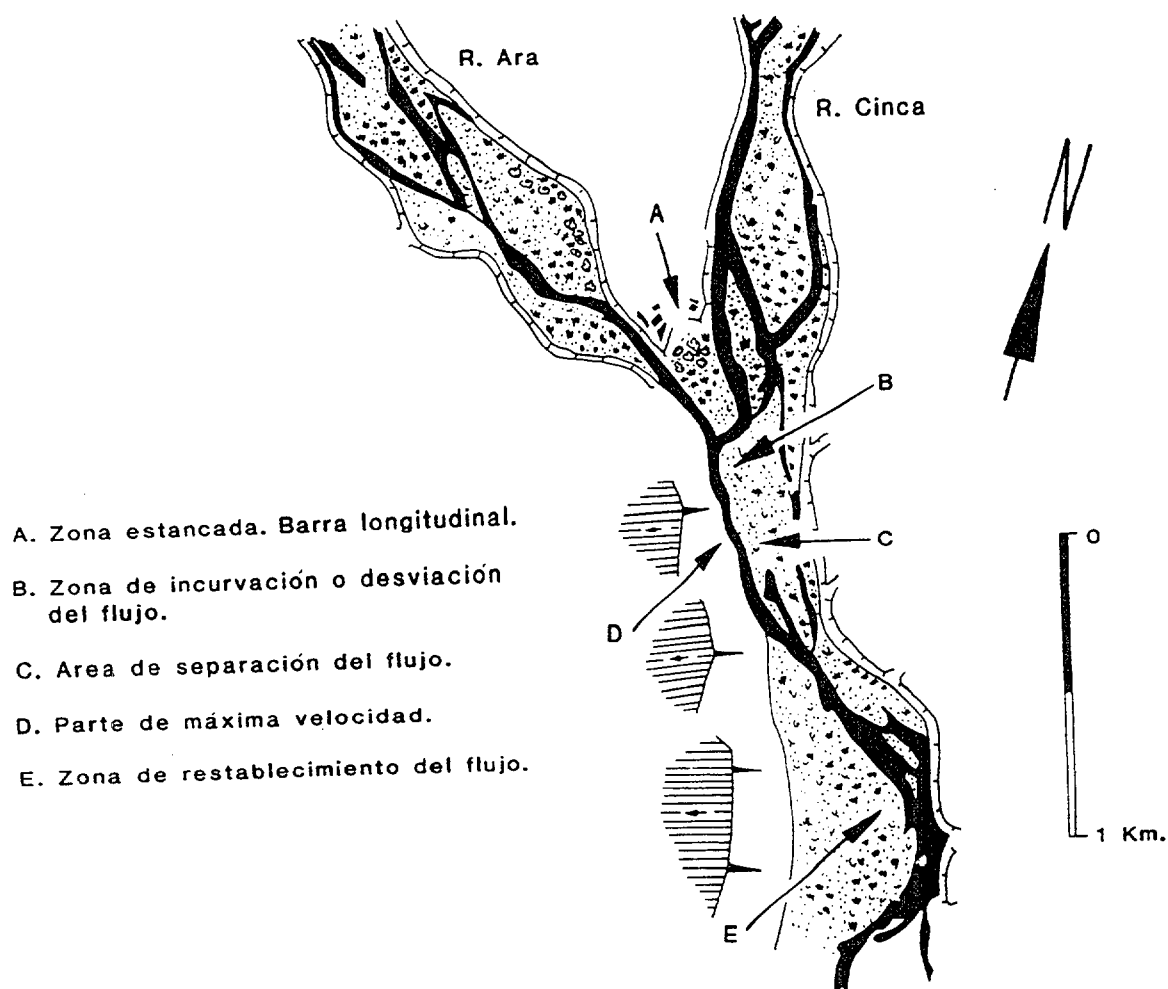


Fig. 56. Confluencia de los rios Cinca y Ara. Partes principales. Año 1956. (HERNANDEZ SANTON, 1991)

FIG.54. CONFLUENCIA DE LOS RIOS ARA Y CINCA.
AÑO 1976

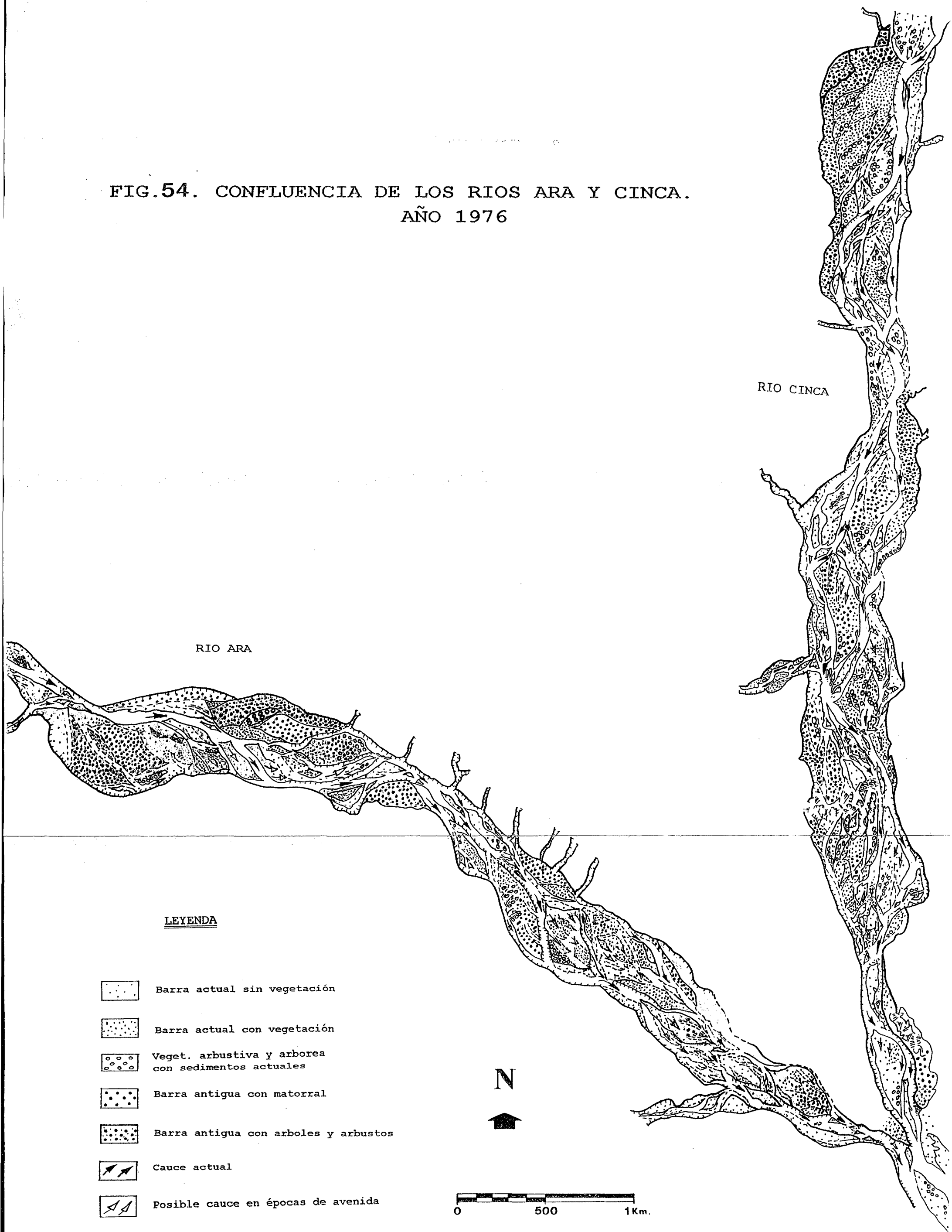
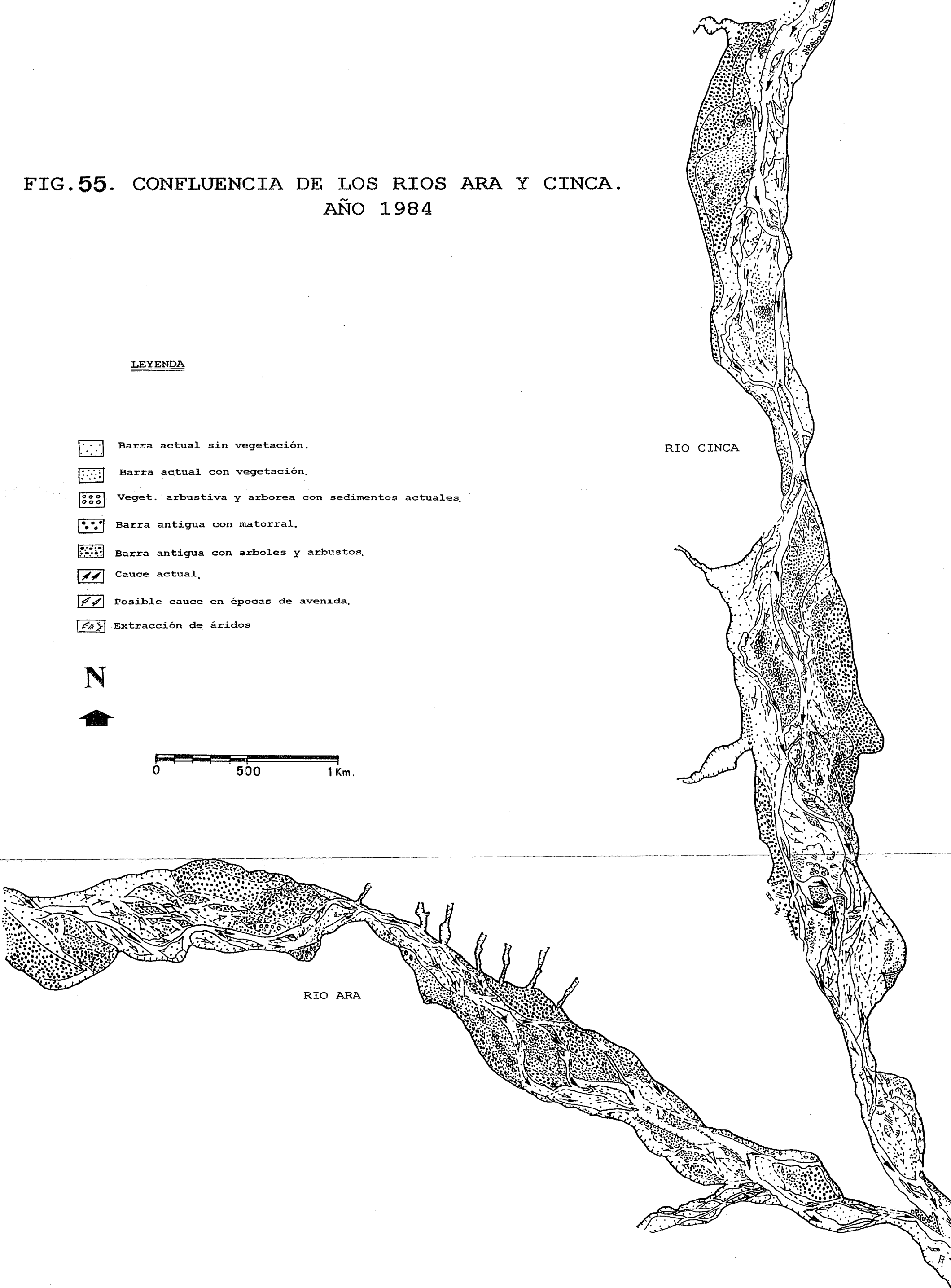
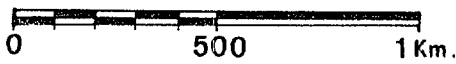


FIG.55. CONFLUENCIA DE LOS RIOS ARA Y CINCA.
AÑO 1984

LEYENDA

- Barra actual sin vegetación.
- Barra actual con vegetación.
- Veget. arbustiva y arborea con sedimentos actuales.
- Barra antigua con matorral.
- Barra antigua con arboles y arbustos.
- Cauce actual.
- Posible cauce en épocas de avenida.
- Extracción de áridos

N



de los años representados, pero el lecho fluvial pasa a tener un único canal principal en el que se pierde sinuosidad y se gana estabilidad.

- El aumento del caudal en el Cinca otorga a este río gran capacidad de erosión y transporte. La inexistencia de medidas que pudiesen controlar la cantidad de agua en el cauce en las épocas de aguas altas y eventos extraordinarios ha originado, hasta hace muy poco, graves inundaciones y numerosos destrozos en la cuenca baja del Cinca y en las cuales ha influido, de manera decisiva, los aportes de agua que el río Ara llevaba en su desembocadura (HERNANDEZ, 1991).

6.4. CONSIDERACIONES SOBRE LOS CAMBIOS EXPERIMENTADOS EN LOS RÍOS ARA Y CINCA

Entre los años 1929 y 1988 los tramos estudiados en los ríos Ara y Cinca han experimentado importantes cambios en su estructura paisajística y en su hidrodinámica. Los hechos más relevantes se resumen en los siguientes puntos:

- En el río Ara, el cauce se ha ensanchado como consecuencia de las avenidas de 1937 y 1942 lo que demuestra la capacidad de los eventos extraordinarios para alterar la forma y dimensiones de los cauces, más que los acontecimientos de alta frecuencia, capaces sólo de modificar muy ligeramente la forma de las barras por deposición de pequeñas ondas superpuestas (ANDERSON y CALVER, 1980; CARSON y GRIFFITHS, 1987; NEWSON y MACKLING, 1990; GILVEAR y HARRISON, 1991).

- Inicialmente los dos ríos muestran rasgos de gran torrencialidad, con barras sometidas a cambios y con escasa cubierta vegetal, propias de ríos trenzados sometidos a frecuentes avenidas y cambios de trazado de los canales, mientras que en 1984 se ha producido un notable avance de la colonización, con penetración masiva de árboles y arbustos, lo que confirma que estamos en un medio muy dinámico, con capacidad para reconstruir la vegetación en cuanto disminuye la intensidad de las avenidas.

Sin embargo, después de 1984, la construcción de diques en varios sectores de los dos ríos introduce un nuevo factor de inestabilidad, destruyéndose gran parte de las estructura anteriores. En el Cinca parece evidente que la movilización de sedimentos por la construcción de diques ha puesto a disposición del río una gran cantidad de materiales que pueden depositarse aguas abajo, en las proximidades de Aínsa, para construir nuevas barras. Paralelamente algunos segmentos de orillas han retrocedido.

La evolución que los ríos Ara y Cinca tiene distintas fases, donde las barras presentan distintas densidades en la cobertura vegetal como reflejo directo en las variaciones de las condiciones del flujo (RUBIO y HERNÁNDEZ, 1990). Pero estas modificaciones tan rápidas, no pueden ser explicados solamente por cambios climáticos o hidromorfológicos del propio río o de las vertientes. Por el contrario, se hallan más bien, relacionados con el papel del hombre, bien en el conjunto de la cuenca o dentro de ella. Las modificaciones introducidas por los cultivos en la cuenca y las actividades humanas en el propio río (construcción de diques, extracción de gravas etc.) pueden causar variaciones en el régimen hidrológico o en la producción de sedimentos que en muy poco tiempo, pueden compararse a los efectos ocasionados por cambios climáticos (LEOPOLD et al., 1964). Debe recordarse que gran parte de las cuencas del Ara y del Cinca han estado intensamente cultivadas hasta mediados del presente siglo, incluso en condiciones topográficas muy difíciles. La pérdida de la cubierta vegetal tuvo que representar un aumento en la producción de sedimentos y en las intensidad -y quizás frecuencia- de los picos de crecida. Esa es una de las razones por las que a principios de siglo predomina el carácter torrencial y la ausencia de vegetación, con una rápida renovación de los sedimentos. Las frecuentes avenidas, intensa torrencialidad y la gran producción de materiales de las vertientes explican estos cambios en el cauce. Pero desde los años cincuenta se invierte la tendencia, con el abandono generalizado de los espacios cultivados, sobre todo de los más susceptibles a erosionarse. Gran parte de los antiguos campos de cultivo son recolonizados por el matorral y otra parte importante se restaura mediante repoblaciones



Foto 14. Confluencia y Embalse de Mediano. Junio de 1.977 .

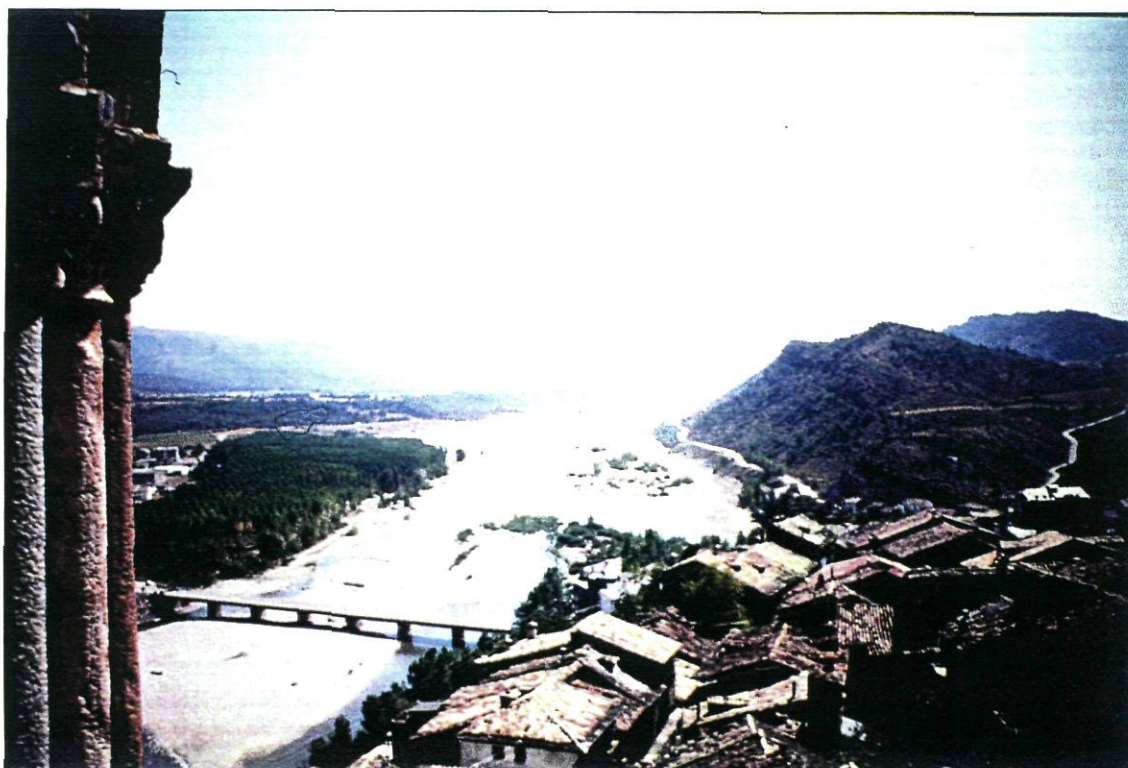


Foto 15. Confluencia y Embalse de Mediano. Septiembre de 1.988 .

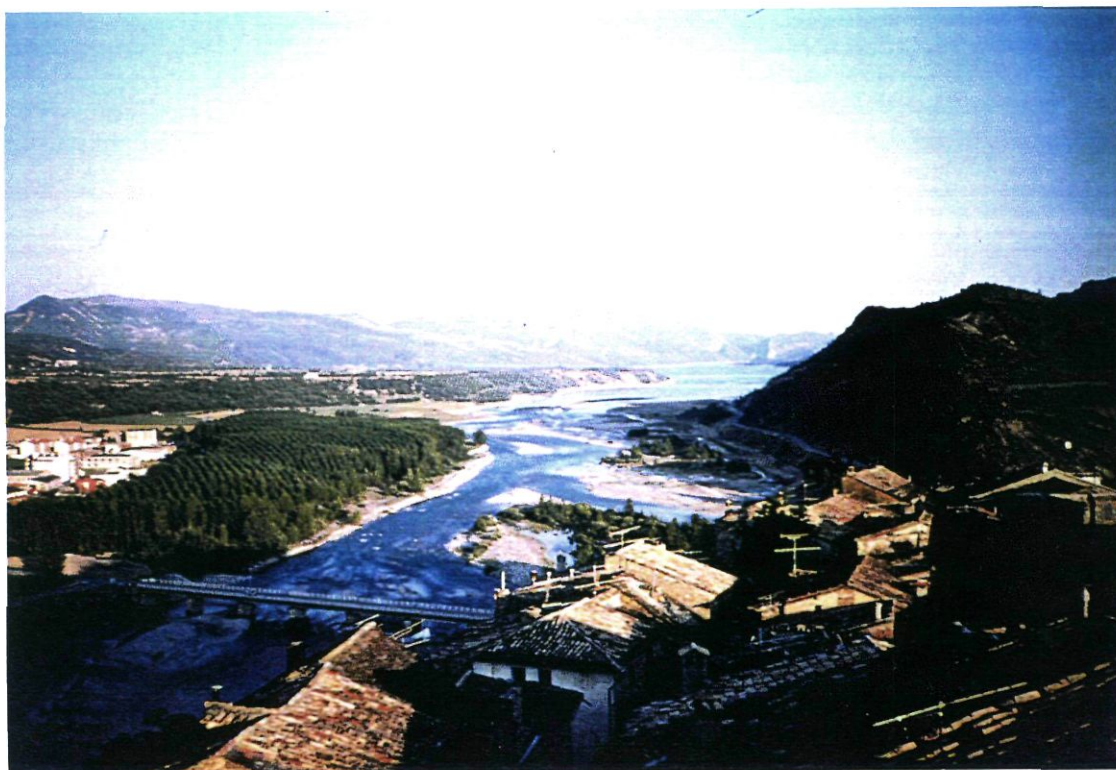


Foto 16. Confluencia y Embalse de Mediano. Junio de 1.993 .



Foto 17. Detalle de la confluencia de los ríos Ara y Cinca. Junio de 1.993 .

forestales. Ello implica un descenso de los picos de avenida y seguramente también de los aportes sedimentarios desde las laderas. GARCÍA RUIZ y ORTIGOSA (1988) han demostrado el cambio hidromorfológico experimentado por los cauces en áreas repobladas, con descenso del calibre de sedimentos y de la energía fluvial. La consecuencia inmediata es el paso a un sistema más estable, en el que los árboles y matorral pueden colonizar barras que hasta entonces estaban sometidas a frecuentes inundaciones y destrucciones. De hecho, la colonización vegetal, implica un rápido decrecimiento de la renovación de los sedimentos en el canal. Esto se corrobora, por la disminución del transporte de la carga de fondo, al igual que la menor actividad erosiva de las vertientes y laderas. La cubierta vegetal también contribuye a retener sedimentos finos durante los eventos, debido a la fijación de arenas y limos entre los tallos y raíces de las plantas.

En la última etapa, la inestabilidad del cauce aumenta debido a la gran actividad antrópica que en él se desarrolla. En este sentido, es importante tener en cuenta, las dificultades de predicción que plantea cualquier intervención humana en el cauce. Es evidente, que en ríos muy dinámicos, afectados frecuentemente por grandes avenidas, la canalización supone una reducción de las dimensiones del lecho y una disminución también de la sinuosidad. La energía de la onda de crecida se transmite a un canal más pequeño, sobre el que ejerce por lo tanto, un impacto mayor. A la vez, al reducirse la sinuosidad, aumenta la pendiente, perdiéndose uno de los ajustes básicos de todo río trenzado, y lo hace también la velocidad. Las consecuencias no son fácilmente predecibles -y mucho menos cuantificables- para avenidas de diferente intensidad o período de retorno, pero una tendencia a la incisión es esperable. El resultado es una transmisión más rápida y eficaz de la onda de crecida -que no puede extenderse lateralmente- y un aumento de la capacidad de transporte de materiales, que tienen un menor tiempo de residencia en estructuras sedimentarias. Este fenómeno es más grave cuando, -como en los casos que nos ocupan- inmediatamente aguas abajo de las canalizaciones se localiza el Embalse de Mediano.

Aunque de pasada, es importante que se consideren las consecuencias derivadas de la canalización y de la remoción artificial de sedimentos. En este sentido, BRAY y CHURCH (1980, 1982) indican que la actividad antrópica se manifiesta en una ruptura y eliminación del "armuring" (delgada capa de sedimentos más gruesos que los situados inmediatamente por debajo); así, en un sector muy alterado del río Cinca HERNANDEZ (1991) comprobó que en un nuevo canal abierto con maquinaria, el tamaño medio de los cantos en superficie es de 70,4 mm., mientras que en la superficie de una barra no alterada, situada inmediatamente al lado, el tamaño medio es de 239,6 mm., es decir, más de tres veces mayor. Esto tiene implicaciones hidrodinámicas muy importantes, pues el "armuring" reduce la disponibilidad de sedimentos en los momentos de avenida y aumenta la rugosidad del lecho. Su eliminación aumenta la cantidad de sedimentos que puede movilizarse durante el evento (THORNE et al., 1987).

Hay además otra cuestión que conviene señalar, aunque tengamos todavía escasos elementos de juicio; los cambios de uso del suelo se manifiestan no tanto en un descenso de la producción de agua hacia los ejes de drenaje cuanto en una disminución de los sedimentos exportados. Es decir, el nivel de las crecidas será muy similar para situaciones pluviométricas comparables, mientras que habría en los últimos años una reducción de la actividad geomorfológica. En estas condiciones podrían explicarse los ajustes que se observan dentro del cauce del Cinca, con ligera incisión sobre las barras antiguas y aparición de frecuentes escarpes de contacto entre barras y canales. La disminución de la carga, obligaría al río, a retomar una parte de sus propios sedimentos, que no pueden reponerse totalmente con aportes nuevos (FORBES, 1983; PARKER, 1991; WERRITTY, 1992).

No obstante, esta idea que aquí sólo apuntamos escuetamente, necesita una aproximación más detallada, que tenga en cuenta la extraordinaria complejidad de relaciones que se establecen entre laderas y cauces en las grandes cuencas, la dificultad para fijar relaciones lineales y el papel de la inercia por situaciones o

acontecimientos pasados. En todo caso, se trata de una cuestión muy importante a efectos de gestión en el propio cauce.

7. LA VEGETACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA DINÁMICA FLUVIAL.

Debido al importante papel que desempeña la vegetación en la estabilización de las barras fluviales, hemos creído conveniente desarrollar un pequeño apartado, distinguiendo las unidades ambientales que conforman la comunidad de rivera del río Ara, a partir de prospecciones en las localidades de Broto y Aínsa.

Para definir estas unidades, se hace una descripción somera de las condiciones ambientales más sobresalientes, así como una relación de especies, que creemos más características. Las designaremos arbitrariamente con las letras A, B, C, D y E.

Así mismo, hay que precisar que las distintas unidades ambientales que podamos establecer, no siempre se presentan de una forma continúa, sino que lo más frecuente es que se encuentren mezcladas en variado mosaico y formando parte unas de otras.

7.1. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES DEL RÍO ARA

A. LIMOS Y ARENAS FINAS; Se encuentran frecuentemente en el borde del agua y en los alrededores de obstáculos (troncos, grandes bloques o incluso arbustos de Salix eleagnus y Populus nigra cumplen una función importante). Conservan mucha humedad y suelen ser móviles. La vegetación está sujeta a momentos de gran inestabilidad a causa de las frecuentes avenidas del río. Por dicha razón, suelen instalarse plantas con mucha estructura subterránea (red reticular amplia) y poca aérea, que desarrollan estolones y por tanto con gran capacidad encespedadora. Entre estas estarían las gramíneas: Agrotis stolonifera y, con menos frecuencia Festuca rubra y Festuca arundinacea.

B. GRAVAS ABIERTAS; Se designa con este nombre, las áreas de gravas, cantos rodados y limos depositados por el río, con escasa cobertura vegetal, sujetas a fuertes oscilaciones térmicas (PETTS,

1984a). A veces con inundaciones temporales y con nivel freático variable.

El hecho de que estas gravas puedan alcanzar altas temperaturas en superficie, en momentos de máxima insolación, conservando algo de humedad, más o menos variable, en el subsuelo, confiere a este ambiente unas condiciones ecológicas especiales.

Por un lado son refugio de gran cantidad de plantas xerófilas, muchas de ellas mediterráneas, que ascienden por los lechos fluviales, hasta latitudes muy superiores a las que suelen encontrarse. Entre éstas y como especies más características, encontrándose casi siempre en ambientes de esa índole, están: Scrophularia canina, Thymus vulgaris, Plantago sempervirens, Artemisia campestris cf. Subsp. glutinosa, Genista scorpius. Esta última siempre en barras muy antiguas, debiéndose su asentamiento más a su carácter heliófilo que como característica de la comunidad.

Dentro de este ambiente y por tratarse normalmente de zonas abiertas con escasa cobertura vegetal, se encuentra también, un mosaico de microambientes de dos tipos:

a) pequeñas áreas donde se ha formado una capa de suelo artificial, sujeta a gran oscilación hídrica a lo largo del año y en donde suelen encontrarse: musgos, líquenes (amortiguadores de tal oscilación) y también a veces anuales de ciclo corto y geofitas.

b) Zonas que retienen algo de humedad en el suelo y en donde, con fuertes oscilaciones térmicas diarias en primavera y otoño, se producen fenómenos de movilización y turbación edáfica, apareciendo toda una serie de plantas adaptadas a sus efectos explotadores (VILLAR, 1977). Ambos microambientes pueden presentarse juntos y con plantas comunes.

c. SALGUERAL (propriadamente dicho); con ello queremos referirnos a la unidad ambiental formada predominantemente por sauces

arbustivos; con cobertura vegetal más densa que la unidad anterior. Suelo de gravas y limo más húmedo que en las gravas abiertas y con inundaciones más frecuentes.

Las especies que predominan son: Salix eleagnus subsp. angustifolia, Populus nigra (ejemplares jóvenes) y Salix purpurea, este último en menor proporción. También se encuentra pequeños setos de Clematis vitalba, Silene vulgaris cf. subsp. glareosa-postrata o arbustos de carácter más occidental como Genista scorpius.

Los sedimentos retenidos por los troncos y raíces de los sauces, levantan el suelo poco a poco, consiguiendo independizar cada vez más a la vegetación de las avenidas del río, lo cual puede significar que este ambiente sea una etapa inicial o intermedia hacia la formación del bosque de ribera.

D. BOSQUE DE RIBERA; Se asienta sobre suelos algo más elevados del cauce del río y que han conseguido una cierta independencia de la acción exploradora de sus avenidas. La sombra de sus árboles y la frescura de su suelo permite el asentamiento de especies ombrícolas y de lugares húmedos. Las especies arbóreas serían Populus nigra y Salix eleagnus (este último no tan dominante como en el salgeral).. Encontramos también otras especies propias de la chopera natural o de lugares frescos y húmedos, entre ellas: Rubus caesius, Clematis vitalba, Quercus xcerroides, Cornus sanguinea, Frangula alnus, etc.

La influencia humana, fuego, pastoreo, etc., hace que muchas veces la comunidad esté invadida por especies más pionera o relacionadas con el pastoreo: Pinus sylvestris, Buxus sempervirens, Rosa gr. canina, entre ellas.

También, pueden encontrarse, otros árboles de carácter completamente accidental como: Fagus sylvatica, Acer campestre, Corylus avellana, Tilia platyphyllos, entre otros.

E. MANANTIALES, AGUAS ESTANCADAS O CON CORRIENTE DÉBIL: es muy frecuente que entre los ambientes ribereños nos encontremos con charcas o flujos de agua débiles, de carácter temporal o permanente, ocasionados por las variaciones en la dinámica del río: charcas, restos de las crecidas primaverales, brazos muertos, derivaciones del curso normal, remansos, etc.

Dentro de estos ambiente, sería necesario diferenciar distintos microambientes, cuya complejidad requeriría un estudio mucho más detallado del que aquí se aborda.

Entre las especies que normalmente se encuentran dentro del agua o que son muy exigentes en humedad, encontramos: Phragmites communis, Typha latifolia, Juncus subnodulosus, Juncus glaucus (en inundaciones temporales), y Typha angustifolia.

En zonas más o menos pantanosas, aparece Molina coelurea, acompañada de Schoenus nigricans, Scirpus pauciflorus, Scornus palustris, etc.

Cabe decir también que si existe alguna especie común a todos los ambientes y que puede presentarse siempre en cualquiera de ellos, ésta es el Salix eleagnus subsp. angustifolia. Efectivamente, es la especie que parece haber logrado un mayor grado de adaptación a los ambientes aquí referidos. La elasticidad de sus troncos permite soportar las fuertes avenidas de agua, que desenraizarían a otras especies leñosas más rígidas. Por otra parte, sus tallos y raíces tienen la resistencia suficiente como para convertir a la planta en un auténtico "microdique" natural (GARCIA y FANCH, 1978; ROBISON y BESCHTA 1990; GREGORY y DAVIS, 1992); organizando en torno a ella la sedimentación de gravas (primero) y arenas y limos (después), las cuales permitirán, a su vez, el asentamiento de nuevas especies (PAUTOU et al. 1985a y b).

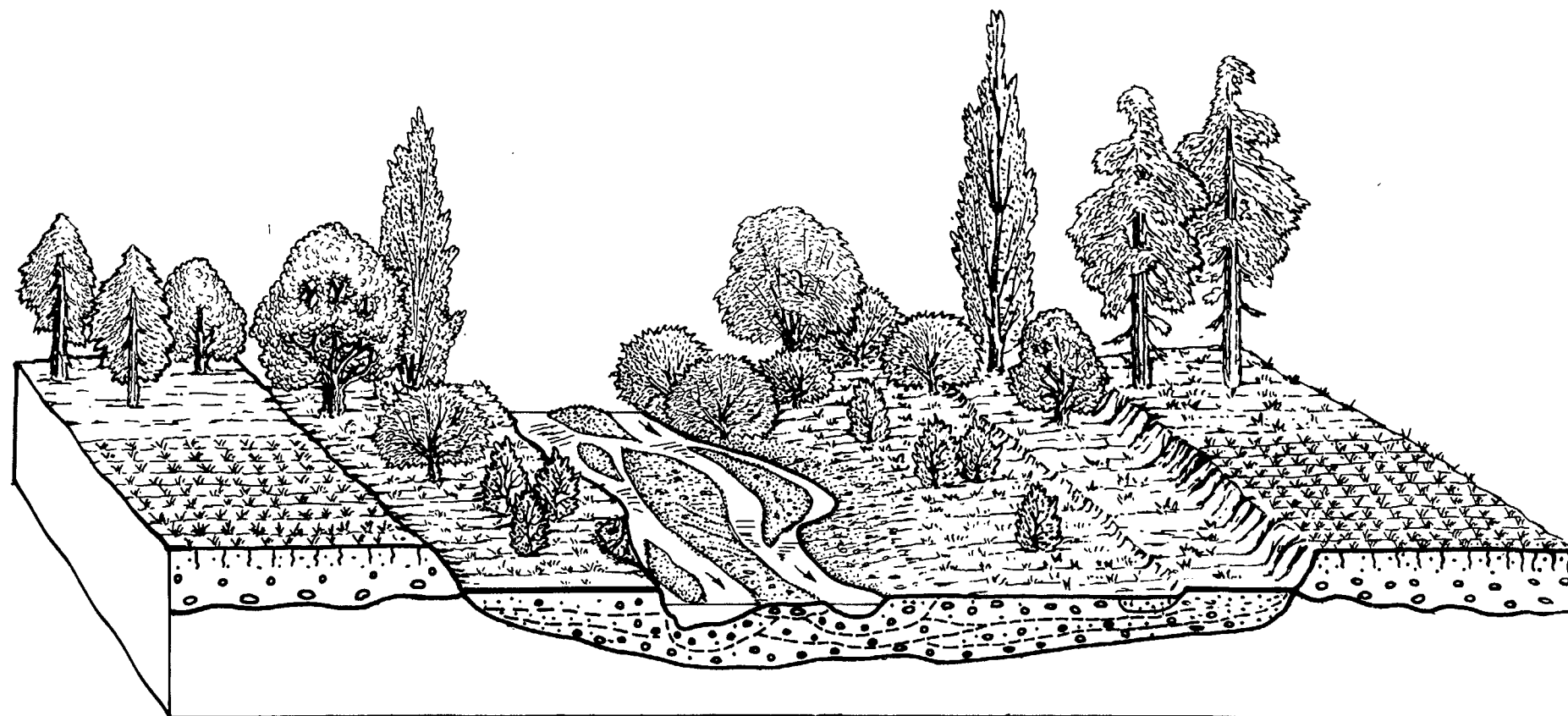
A continuación presentamos un cuadro con las especies y su presencia en diferentes unidades ambientales como: barra actual, barra antigua y bosque de ribera.

Barra actual

Salix eleagnus subsp. angustifolia	3		
Populus nigra	3		
Pinus sylvestris	2		
Galeopsis angustifolia	2	Ptychotis saxifraga	3
Scrophularia canina	1	Andryala ragusina	3
Chaenorhinum minus	1	Achnatherum calamagrotis	3
Saponararia officinales	+	Rumex scutatus	+
Polygonum persicaria	+	Eupatorium cannabinum	+
Clematis vitalba	1	Holcus lanatus	1
Corylus avellana	1	Euphorbia nicaensis	1
Tussilago farfara	+	Agrostis stolonifera	1
Verbascum thapus	+	Lythrum salicaria	+
Solanum dulcamara	+	Linum Campanulatum	+
Mentha longifolia	1	Scirpus horchoenus	+
Santureja montana	1	Policaria dissenterica	1
Asperula cynanchica	+	Equisetum palustre	+
Galium lucidum	+	Artemica alba	+
Santolina chamaecyparissus	1	Gypsophila repens	1
Genista scorpius	+	Plantago sempervirens	1

Barra antigua:

Pinus sylvestris	4
Salix eleagnus subsp. angustifolia	3
Populus nigra	1








- | | | | |
|---|-----------------|---|-------------------|
|  | Cultivos |  | Terraza fluvial |
|  | Gravas y cantos |  | Horizonte edáfico |
|  | Arenas | | |

FIG. 56-A. EVOLUCION DE LA VEGETACION RIPARIA

Andryala ragusina	2	Fumaria procumbens	+
Ononis natrix	1	Cichorium intybus	+
Achnatherum calamagrostis	2	Erigeron acer	+
Asperula cynanchica	1	Festuca gr. indigesta	1
Gypsophyla repens	1	Genista scorpius	2
Buxus sempervirens	2	Plantago lanceolata	+
Ptychotis saxifraga	2	Plantago sempervirens	1
Sanguisorba minor	1	Galium Lucidum	+
Santureja montana	1	Kieleria vallesiana	+
Clematis vitalba	1	Rubus caesius	1
Frangula alnus	1	Thymus vulgaris	+

Bosque de ribera

Salix eleagnus subsp. angustifolia	4
Populus nigra	4
Pinus sylvestris	2

Rubus caesius	2	Coronilla emerus	+
Cornus sanguinea	2	Rosa canina	1
Corylus avellana	1	Poa nemoralis	1
Quercus xcerrioides	1	Ligustum vulgare	+
Fagus sylvestris	+	Torilis japonica	1
Acer campestre	1	Frangula alnus	1
Helleborus foetidus	1	Brachypodium sylvaticum	2
Lonicera xylosteum	2	Crataegus monogyna	2
Viburnum lantana	1	Buxus sempervirens	2
Tilia platyphyllos	+	Clematis vitalba	2
Sambucus nigra	+	Fraxinus excelsior	1

+ = presencia

1 = cobertura menor de 6,5%

2 = cobertura entre 6,5% - 12,5%

3 = cobertura entre 12,5% - 25%

4 = cobertura entre 25% - 50%

5 = cobertura superior a 50%.

7.2. DINAMICA DE LAS DISTINTAS COMUNIDADES

Resulta realmente imposible sentar las bases de lo que podría ser, el proceso de evolución de la dinámica fluvial y su relación con la vegetación, dado el corto período de dedicación al presente estudio. La consideración en profundidad de este tema requeriría la colaboración de botánicos, hidrólogos, geomorfólogos y sedimentólogos.

Puede, sin embargo, apuntarse algunas hipótesis sobre la posible dinámica de las comunidades vegetales descritas.

Ya se ha señalado la importancia de algunas especies arbustivas (sauces principalmente) en la retención de los materiales transportados por el río (gravas y limos), cuya acumulación hace descender progresivamente el nivel medio del agua, fijándolas en mayor o menor grado y permitiendo así, el asentamiento de las distintas comunidades.

Es verosímil que lo primero en establecerse sea la comunidad de las "gravas abiertas" (unidad B) salpicada de matas dispersas de sauces. Si las avenidas del río no causan un efecto exportador excesivo, esta podría evolucionar hacia el salgueral "cerrado" (unidad C) y de ahí pasarse al bosque de ribera (unidad D).

Si la explotación de la corriente de agua es excesiva, las gravas, casi desnudas, permanecerían indefinidamente hasta que se produjese alguna variación importante de orden geomorfológico o hidrológica.

Por otra parte, cabe admitir también, la posibilidad de que se alcanzara la situación de la comunidad B por un proceso inverso, es decir, como efecto de la degradación del bosque de ribera o del salgueral, bajo la intervención humana (pastoreo y fuego, por ejemplo).

La unidad de "gravas abiertas" resultante, según uno u otro origen, puede reflejar diferencias importantes en la composición de su vegetación, lo cual podría requerir su subdivisión.

Como puede verse, estas observaciones no son más que esbozos, cuya confirmación o rechazo, sugieren el interés de estudios más amplios e integrados, en este campo.

7.3. CONSIDERACIONES

Las riberas del río Ara en los tramos estudiados de Broto y Aínsa, constituyen biotopos sometidos a fuertes alteraciones tanto naturales (avenidas) como humanas. En lo que se refiere a estas últimas la dedicación de extensas áreas ribereñas al mantenimiento del ganado y más recientemente a la agricultura, (cultivo de chopos, cereal, arboles frutales, etc.), la construcción de embalses aguas abajo y diques que encauzan las aguas del río, conllevan a la degradación de las distintas comunidades vegetales.

Por otra parte, la inestabilidad del río, impone a las comunidades que sobre él se asientan, una dinámica rápida y compleja. En ella existe una estrecha interacción entre la vegetación y la geomorfología del río, que se condicionan mutuamente y que tienen como base el siguiente ciclo: erosión del río - instalación de vegetación anual o primaria - sedimentación de materiales (gravas y limos)- asentamiento de comunidades superiores - cambio en el régimen fluvial (nuevas avenidas) - nueva erosión.

Las comunidades que logran (independizarse) escapar de este efecto explotador del río, evolucionan probablemente hacia el bosque de rivera, clímax de la unidad (Fig 56A).

Salix eleagnus subsp. angustifolia y Populus nigra son las plantas más adaptadas a estos ambiente y tiene gran importancia en la geomorfología y su dinámica, por el efecto de retención y

sedimentación de materiales. Sería conveniente tener en cuenta el interés de estas especies en posibles empresas de retención y colonización de ciertos sectores del curso del río.

La importancia y significación de las características de la vegetación de la cuenca hidrográfica podríamos resumirlas en: la capacidad de modificar los "inputs" climáticos mediante la intercepción y evapotranspiración, la capacidad de retención del agua y por último su poder regulador de la producción y transmisión de agua y sedimentos a través del sistema fluvial.

Esta interacción existente entre vegetación y geomorfología, anteriormente mencionada, refleja la necesidad de estudios integrados de botánicos y geomorfólogos, para poder conocer a fondo la dinámica de nuestros ríos.

Para concluir, hemos de decir, que la trascendencia de la vegetación en los cursos fluviales es innegable; citando palabras del reconocido investigador Dr. Monserrat "la vegetación riparia es la auténtica depuradora del ecosistema fluvial".

8. ACTIVIDAD ANTRÓPICA Y SU IMPACTO AMBIENTAL

La actividad antrópica en los cursos de agua ha dejado sentir sus efectos desde la aparición de la agricultura. El suministro de agua y su desvío necesario para los cultivos, se vienen utilizando desde el año 3.200 A.C. (DROWER, 1954).

A partir de 1970 los estudios geomorfológicos referentes a los problemas y respuestas de la dinámica fluvial se han visto incrementados (HAILS, 1977; GREGORY, 1979; HICKING, 1983; ERSKINE, 1990). Obligado es reconocer sin embargo, el carácter pionero de algunos trabajos que en el siglo XIX (MARSH, 1864) y primeras décadas del siglo XX (SHERLOCK, 1923). Igualmente hay que destacar que los archivos españoles guardan una abundante documentación en la que se informa de las implicaciones derivadas de la interferencia antrópica sobre los paisajes. Hoy en día el conjunto de reacciones que los cauces han desarrollado ante las acciones del hombre, obliga a realizar a hidrólogos, geomorfólogos un intento para alcanzar una mejor comprensión de la complejidad de los sistemas fluviales.

Los ríos pirenaicos han sufrido en los últimos años una fuerte acción antrópica con el fin de intentar controlar su régimen, su comportamiento y utilizar sus recursos. La construcción de diques, escolleras, embalses, extracción masiva de áridos, el represamiento de agua en zonas de alta montaña e incluso la infraestructura turística (estaciones de esquí) han dejado sentir sus consecuencias en la mayoría de los casos de modo imprevisible.

Antes de introducirnos en el análisis de las diferentes modalidades de impactos, es obvio señalar que muchos de ellos han sido y son *intencionados* (canalizaciones, embalses, etc.), pero otros lo han sido de tipo indirecto (por ejemplo reducción del bosque alterando el régimen fluvial o la actividad agraria que ha podido influir sobre la calidad del agua). En unos y otros se desencadenan una serie de modificaciones hidrológicas de muy variado espectro, pues algunas pueden ser imperceptibles y, por tanto, de escaso significado mientras

que en el otro extremo pueden ser incluso catastróficas. Por otra parte el factor temporal es altamente importante pues sobre la hidrología pesan, sin duda, impactos inadvertidos desencadenados en etapas cronológicas lejanas.

Según la propuesta de LEWIN (1977), es necesario diferenciar dos tipos de cambios en la morfología de los lechos fluviales: los autogénicos que son inherentes al propio régimen de los ríos y los alogénicos que ocurren como respuesta a cambios en el sistema fluvial (clima, vegetación, suelos, etc.), donde también se incluyen las acciones antrópicas. El hombre desencadena una serie de acciones directas sobre los cauces (derivación de agua, canalizaciones, etc.) a las que se debe añadir otras indirectas, que muchas veces serán inadvertidas a corto plazo (agricultura, talas de bosque, actividades recreativas...). Los lechos fluviales presentan un equilibrio dinámico entre muchas variables de las cuales son básicas según LEOPOLD, WOJMAN y MILLER (1964), el flujo sólido y líquido. Si el hombre llega a modificar indirectamente estas dos variables se producirá una reacomodación de la morfología del lecho.

El impacto humano que ha tenido lugar en el río Ara, es una cuestión compleja ya que se interfieren diferentes temas difíciles de deslindar entre sí, pero aún a costa de repetir algunas consideraciones para cada caso creemos que es válido seguir el siguiente esquema:

- modificaciones indirectas sobre el lecho fluvial
- modificaciones directas sobre el lecho fluvial.

8.1. MODIFICACIONES INDIRECTAS SOBRE EL RIO ARA.

8.1.1. ACTIVIDADES DEL SECTOR PRIMARIO.

Dentro de este amplio grupo de ocupaciones, la más eficaz es la agricultura, asentada donde antes hubo una vegetación natural. La

eliminación de la cubierta vegetal se realiza bajo múltiples modalidades: incendio, talas, rozas, sobrepastoreo, etc., producen cambios significativos:

- reducción de la intercepción,
- limitación de la capacidad de infiltración,
- una disminución de la evapotranspiración,
- un incremento de la escorrentía superficial
- y obviamente un incremento del pico de avenidas.

Todas estas alteraciones pueden ser mayores si la eliminación de la cubierta vegetal, es el primer paso, hacia la decapitación de horizontes edáficos, básicos para la infiltración del agua y la alimentación de los acuíferos. En este sentido ASENSIO AMOR, (1972) indica, para otras zonas peninsulares, que el proceso de relleno de las rías, estuarios, y bahías es muy antiguo, pero "parece haberse acentuado en los últimos tiempos históricos, a partir más o menos de finales del siglo XIII y comienzos del XIV" a causa de la extensión de los campos cultivados, eliminación de matorral, y talas de bosque.

El abandono de los calendarios agrícolas y el desmoronamiento de las terrazas de cultivo que está ocurriendo, en general, en todo el Pirineo como corolario del éxodo rural, son nuevos elementos que se proyectan hacia el futuro, estos es, hacia nuevos desequilibrios del sistema fluvial.

De todas estas evidencias, cabe concluir que el uso del espacio por parte del hombre agricultor-ganadero introduce una serie de umbrales sobre el ciclo hidrológico y sus procesos de forma que, a largo plazo, se acumulan efectos a ritmo exponencial.

8.1.2. ACTIVIDADES RECREATIVAS.

La llamada civilización del ocio ha irrumpido de forma espectacular en el medio ambiente. El Pirineo, debido a su singular

belleza, atrae todos los años a numerosos turistas, si bien el uso masivo está marcado por un fuerte ritmo estacional. La aparición de nuevas actividades recreativas que utilizan como terreno de juego los cursos de agua (piragüismo, "rafting", descenso de cañones) desencadenan una serie de modificaciones todavía no suficientemente evaluadas (un buen ejemplo de ello lo tenemos en el Noguera Pallaresa y la Sierra de Guara.)

8.2. MODIFICACIONES DIRECTAS. CAMBIOS OCASIONADOS POR LA INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Y POR EL APROVECHAMIENTO DE SUS ARIDOS.

A pesar de los numerosos trabajos realizados sobre reajustes en los canales naturales (HARVEY, 1982; BRAVARD, 1986; AMOROS et al., 1987; COSGROVE y PETTS, 1990 Geografía Física ha prestado poca atención a las modificaciones de la geometría hidráulica, desencadenadas por la acción humana directa sobre el lecho fluvial. El tema es de gran interés porque con frecuencia, estas obras -muy costosas desde el punto de vista económico- generan complejas reacomodaciones fluviales donde las explicaciones causa-efecto son a menudo problemáticas. Es necesario fijar los modos a través de los cuales el hombre modifica los procesos y formas fluviales, para así comprender sus respuestas y poder avanzar estrategias alternativas para acciones futuras (MATEU, 1984).

8.2.1. Embalses.

La necesidad de controlar el caudal del río Cinca, así como, los problemas de agua existentes en la agricultura del campo aragonés, determinaron la construcción de los Embalses de El Grado y Mediano en la cuenca media de este río. Las consecuencias geomorfológicas no han tardado en aparecer. Se ha alterado el perfil longitudinal del río, ha cambiado el nivel de base local y fruto de ello, se ha perdido competencia, lo que se ha traducido en un aumento importante de la

sedimentación justo aguas arriba del embalse (HERNANDEZ, 1990); provocando así mismo, una ampliación en el período de retorno de las avenidas y un aumento en los picos de crecidas (PETTS, 1987a).

Por otra parte, la colmatación de los arrastres aluviales en los embalses de ríos de montaña, es ignorada en numerosas ocasiones, lo que conlleva una disminución de su tiempo de vida. Si a lo anteriormente dicho, sumamos que en ocasiones la localización de la futura presa, se hace en valles muy abiertos y fondo de valle planos (por una anticipada sedimentación natural), nos encontraremos con embalses que en pocos años podrían quedar anegados de aluviones y la solución a este problema es costosísima y la mayoría de las veces impracticable. Buenos ejemplo de ello, lo tenemos en el embalse de Arguís, o el propio embalse de Mediano.

El emplazamiento de la futura presa de Jánovas en el río Ara, es una prueba más de lo anteriormente expuesto, incluso no es difícil deducir la raíz popular que dio nombre a la localidad de Planillo.

8.2.2. Escolleras.

Este tipo de estructuras , laterales y pasivas, se han utilizado desde hace tiempo para intentar controlar el cauce de los río Ara y Cinca, por dos motivos fundamentales : evitar la erosión lateral de las márgenes, con el fin de conservar la zona más rica para la agricultura, y disminuir el efecto catastrófico en los momentos de avenida. Ello ha llevado a la C.H.E. (apoyada por los habitantes de ambos valles) a la canalización de la confluencia y actualmente, en la desembocadura de los barrancos más activos (Foto 18) (ejemplo. Barranco de Chaté) y puntos de máxima erosión (HERNANDEZ, 1991).

El resultado de la construcción de escolleras es la alteración de la geometría del lecho (una disminución de la sinuosidad) lo que conlleva un incremento de la velocidad de las aguas (ANDREWS, 1984; BHOWMIK, 1984; OGNJEN, 1992); en otras palabras, hay

un aumento de la fuerza tractivas de la corriente y del sedimento. La consecuencia es una transmisión más rápida y eficaz de la onda de crecida ya que no puede extenderse lateralmente y esparcirse por la antigua vega.

Pero la protección local de algunos tramos ha desencadenado un aumento del potencial erosivo en las zonas desprotegidas: en los sectores sin escolleras, y formaciones de acumulaciones aluviales al final de los tramos canalizados. OLLERO y PELLICER (1989) han verificado este tipo de problemas en el curso medio del río Ebro y también PEIRY (1988) en los ríos de montaña, como el Arve.

Actualmente gracias a los numerosos estudios que se vienen realizando se empieza a comprender la importancia de las llanuras aluviales y sus mecanismos de funcionamientos. Ha quedado claro que el río, inmovilizado dentro de sus "diques", ya no participa en la dinámica del conjunto de la llanura de inundación y por ello se debe restablecer sus propias interacciones. Es indispensable tener en cuenta, el conjunto del sistema formado por la llanura inundable, con sus medios acuáticos, semiacuáticos y terrestres, para comprender el funcionamiento del sistema fluvial (DECAMPS y NAIMAN, 1989)

8.2.3. Diques.

A diferencia de las escolleras, cuya misión es intentar canalizar y controlar el cauce, los diques son estructuras activas, ya que se interponen transversalmente a la corriente; de esta forma los sedimentos transportados quedan atrapados.

En la zona de estudio, estas construcciones se han utilizado en los barrancos afluentes del río Ara, para intentar controlar la gran cantidad de sedimentos aportados por los mismos. Encontramos dos ejemplos muy significativos en los barrancos de Yosa y Forcos.



Foto 18. Escollera del río Ara. Sector de Aínsa.



Foto 19. Extracción de áridos en el río Cinca.

8.2.4. Extracción de áridos.

La enorme capacidad de los ríos Cinca y Ara para acumular sedimentos hace que su fondo de valle sea objeto de asentamiento de numerosas graveras que suministran de gravas y áridos a las obras públicas e infraestructura de la zona (Fot. 19). La mayor demanda de estos materiales en la última década, ha originado un intenso dragado del cauce del río, con un impacto geomorfológico y biológico de consecuencias todavía difícilmente predecibles. El aumento de la velocidad del agua debido a la destrucción de la capa de "armuring" provoca una mayor incisión en los canales (GOMEZ, 1983; SEGURA, 1987).

Esta mayor incidencia origina a su vez, una erosión del lecho del río que implica un aumento de la pendiente, siendo el comienzo de un proceso degenerativo del nivel de base del río, cuyas consecuencias se hacen sentir agua arriba por la mayor capacidad de arrastre y aguas abajo por la mayor sedimentación.

8.3. CONSECUENCIAS DE LA ACCIÓN ANTRÓPICA

El interés científico por evaluar el significado de los procesos y formas fluviales es relativamente reciente (MORISAWA, 1976; PETTS, 1977 y 79; GREGORY, 1979) en especial desde que los ríos son considerados un elemento integrado dentro del paisaje sobre el que inciden los cambios de las diferentes variables que controlan el sistema fluvial. De otra forma, las modificaciones sobre los lechos desencadenan una serie de acomodaciones en la morfología fluvial cuya dinámica no es del todo conocida.

A modo de esquema podemos destacar dos grandes tipos respuestas provocadas por el hombre:

8.3.1. RESPUESTAS GEOMORFOLÓGICAS.

Como anteriormente hemos expuesto, las acciones de control de los cauces provocan en mayor o menor medida, y a veces en muy cortos espacios de tiempo alteraciones tanto morfológicas como hidrológicas.

Las ampliaciones del lecho fluvial a costa de sus márgenes, la modificación del nivel de base del río, la destrucción de las barras ya existentes y la inundación de la llanura aluvial son las principales respuestas (FINLEY y GUSTAVSON, 1983; HARVEY, 1984; MOSHE, 1987). Como consecuencia de la magnitud y frecuencia del flujo de agua y de la carga de sedimentos, se desencadena una compleja respuesta erosional-deposicional que, a largo plazo, modifica la geometría del canal y de los modelos erosión-deposición fluvial (BROOKES, 1985 y 1988; PETTS, 1989)

Recordemos, por ejemplo, que en 1982 el Cinca inundó el lugar donde hoy se sitúa el área deportiva y el camping de Aínsa (emplazados, dicho sea de paso, en el antiguo lecho del río). En esa misma avenida, se arrasó todo el campo de fútbol y dónde hoy se encuentra el camping de Labuerda fue arrancada una hectárea de terreno y arrastrada río abajo (C.H.E., 1985; COROMINAS y ALONSO, 1990).

8.3.2. RESPUESTAS BIOLÓGICAS.

Una consecuencia inmediata del control geomorfológico del curso de río, es la desaparición de la alternancia de "pools y riffles" (KELLER, 1978; HIRSCH y ABRAHAMS, 1981; MILNE, 1982; KELLER y BROOKES, 1984), provocando la reducción de las zonas de hábitat y cría ideales a la población piscícola y otros organismos fluviales.

Por otra parte los embalses aumentan la evaporación del agua y modifican la temperatura del agua de escorrentía fluvial; es decir, si la presa desagua por su nivel superior el embalse se convierte en una trampa de nutrientes y exporta agua más cálida que la entrante por la cola del mismo. Por el contrario, si la presa desagua por los

conductos inferior, el agua sigue su curso por el fondo y el embalse, entonces se transforma en una trampa de calor y un exportador de nutrientes.

Cuando el impacto humano implica una destrucción o remoción de las estructuras edáficas o de las barras fluviales -caso de la extracción de gravas-, también se modifica el ciclo de minerales y nutrientes del agua de escorrentía y, en última instancia, la calidad originaria del agua. Por otra parte, la remoción del suelo puede provocar una erosión acelerada y, por tanto, mayores concentraciones de sedimentos en suspensión en las aguas de escorrentía superficial. Esta mayor concentración de sedimentos y de turbidez ejercen un destacado control sobre la vida acuática.

La vegetación, por otra parte, ha sido utilizada frecuentemente como un indicador de la "salud" del sistema fluvial. La desaparición y la eliminación de la vegetación riparia ha facilitado la erosión lateral de las márgenes del río y ha hecho que aumenten considerablemente los niveles de contaminación del río; ya que la falta de fitoestabilización en ciertas zonas, desequilibra la dualidad "vegetación-material sedimentario" e implica una menor filtración de las aguas y que la carga de materia inorgánica en el caudal aumente. (PINARY y DECAMPS, 1988).

Al mismo tiempo, y como ya nos referimos en el apartado de vegetación, la cantidad de fitoplactón que llega al cauce del río es mayor, reduciendo la cadena alimenticia y destruyendo el ecosistema fluvial (PETTS, 1985, 1989). En 1980 VANNOTE dió el nombre de "continuo fluvial" al concepto de relacionar la estructura y funcionamiento de las comunidades que viven en aguas corrientes con los procesos de hidrología y de geomorfología fluvial. Estas investigaciones y otras publicadas después (LOCK y WILLIAMS, 1981; LILLEHAMMER y SALTVEIT, 1984; DAVIES y WALKER, 1986; CRAIG y KEMPER, 1987) pretendían una descripción coherente de los cambios ecológicos que se pueden observar a lo largo de las redes hidrográficas. De hecho, este concepto de continuo fluvial refleja una realidad aparecida,

poco a poco, a lo largo de los años precedentes: los torrentes y los ríos constituyen sistemas longitudinales solidarios, en los que, debido a la circulación de las aguas, la dinámica de los sistemas situados aguas abajo dependen de los procesos fisicoquímicos y biológicos que se desarrollan aguas arriba.

Por tanto, el medio terrestre ejerce una profunda influencia en el funcionamiento ecológico de las aguas corrientes. La mayoría de los torrentes de los cursos superiores están recubiertos de vegetación riparia. Ello genera una intensa producción primaria acuática, al tiempo que introduce grandes cantidades de residuos vegetales desde las orillas al medio acuático. Estos restos vegetales, aportan desde el medio terrestre vecino, la mayor parte del alimento de los seres vivos que viven agua abajo.

La influencia de la cubierta vegetal sobre la erosión hídrica de la cuenca se traduce en dos aspectos fundamentales:

- la intercepción, es decir la capacidad de retención del agua, impidiendo incluso, con la propia estructura vegetal que el flujo adquiera grandes velocidades.

- Y la infiltración que la vegetación proporciona reduciendo el volumen de escorrentía y por tanto disminuyendo el pico de las avenidas.

Numerosos autores (LEE, 1980; KALLIOLA y MAARIT, 1988; GREGORY y GURNELL, 1988) han demostrado que las cuencas que presentan una vegetación de tipo forestal muestran una diferencia menor entre el caudal punta y el caudal base que las que están cubiertas por otro tipo de vegetación. Hemos de destacar que el control de la vegetación sobre estos procesos hidrológicos y erosivos aumenta cuando en la cuenca se produce un brusco cambio del uso del suelo. La cuenca, como sistema abierto, reaccionará de manera que ajuste su geometría a las nuevas condiciones, y este ajuste se realizará a través de los procesos de erosión hídrica y de los procesos hidrológicos.

Si se tiene en cuenta que la mayoría de estos cambios "bruscos" tienen como responsable las actividades humanas,

concluiremos que el estudio de las relaciones existentes entre características vegetales e intensidad de los procesos permite predecir muchos de los "ajustes" de las respuestas del sistema fluvial.

8.4. NUEVAS TENDENCIAS EN LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.

Desde hace dos décadas se intenta desarrollar el concepto de "ingeniería biotécnica" como alternativa a las actividades llevadas a cabo en los cursos fluviales. Trabajos de investigación conjuntos entre hidrólogos, ecólogos y geomorfólogos han reconocido que el río es un "sistema abierto" en equilibrio y cualquier modificación en alguna de sus variables, no puede ser compensada por variaciones en las demás, desajustando todo el sistema (AMOROS et al., 1987; DECAMPS, 1984).

Podemos decir que el estudio sistémico de los paisajes fluviales permite centrar la atención en la relación existente entre morfología y procesos, destacando el carácter multivariable de los fenómenos geomorfológicos, así como una consideración global del paisaje físico en el que el hombre puede jugar una importante acción, convirtiéndose en un agente geomorfológico más (LOPEZ BERMUDEZ, 1988).

Por ello, pensamos que el estudio comparado de la evolución de los ríos pirenaicos y su aspecto geomorfológico y sedimentológico, puede aportar soluciones importantes favoreciendo así la relación hombre-cuenca para el óptimo aprovechamiento de los recursos naturales sin perjudicar la dinámica natural de los cauces ni destruir el modelado fluvial de muchos ríos del Pirineo.

Para terminar, si bien la Geografía ha analizado desde hace tiempo los cursos fluviales, en el momento presente se le abre un reto que esperamos pueda resolverlo de forma que sus conclusiones sean una respuesta válida a la problemática del agua con que en estos momentos se enfrenta la humanidad.

**V. LA CUENCA DEL ARA EN EL
CUATERNARIO: DINAMICA MOR-
FOLOGICA Y AMBIENTES CLIMA-
TICOS.**

V. LA CUENCA DEL RIO ARA EN EL CUATERNARIO: DINAMICA MORFOLOGICA Y AMBIENTES CLIMATICOS.

1. EL ALUVIONAMIENTO DE LAS CUENCAS PIRENAICAS: ESTADO DE LA CUESTIÓN.

Con este capítulo entramos en otro de los grandes objetivos que intentamos abordar en esta Tesis: el análisis y estudio de los sedimentos y de las formas elaboradas durante el Cuaternario y el Holoceno en la cuenca del río Ara.

Ciertamente, el conocimiento geomorfológico que se tenía de las acumulaciones cuaternarias insertas en esta cuenca pirenaica, en el momento del inicio de esta Tesis, quedaba relegado a la cita y cartografía, poco precisa, de un conjunto de depósitos señalados en las diferentes hojas geológicas que cubren su cuenca. Entre ellos, se menciona la existencia de algunas terrazas -"difícilmente correlacionables con las de otros sistemas fluviales cuaternarios del Pirineo"- (IGME, 1982.-Hoja de Broto), de numerosos conos de deyección y de ciertos conjuntos coluvionares, sin precisar nunca la edad o tipología genética.

Años más tarde, el tramo final del río Ara fue abordado marginalmente en una Memoria de Licenciatura que analizaba su Geomorfología Estructural, Dinámica y Climática y tenía como objeto principal el estudio de la cuenca del río Cinca. Los trabajos de cartografía y el estudio geomorfológico del sector permitieron detectar numerosos niveles de terrazas y otras acumulaciones (HERNANDEZ SANTON, 1991). Entre los hechos más interesantes, para este capítulo, de aquel trabajo destacamos:

- Se detectó la existencia de seis niveles fluviales en el valle del Cinca y cinco en el valle del Ara (en este ultimo falta

posiblemente el nivel superior por haber sido desmantelado). Éstos eran: T6 +150 m.; T5 +60 m.; T4 +50 m.; T3 +24-25 m.; T2 +10-13 m. y T1 +1-2 m.

- Las etapas de incisión fluvial se asocian a "diferentes crisis climáticas ocurridas durante el Cuaternario".

- Las terrazas están formadas por materiales aluviales rodados con estratificaciones horizontales, cruzadas en surco y planar.

En nuestro caso distinguimos un sistema aluvial con diferentes niveles de terraza correspondientes a las distintas fases acumulativas generadas en el Pleistoceno Medio. También observamos que los perfiles longitudinales de las terrazas siguen un cierto paralelismo con el cauce actual (fig.56b).

Si el conocimiento concreto de la Cuenca del Ara era muy escaso, también es cierto que todavía queda mucho que hacer en las diferentes cuencas fluviales del dominio pirenaico, donde la mayor parte de los datos son ciertamente antiguos y donde hace falta una profunda revisión de los mismos, bajo un modelo cronológico que supere los inconvenientes de la simple alternancia de fases glaciares e interglaciares.

Las interpretaciones que se han establecido para estos dominios de posible enlace entre los procesos glaciares y los controlados por el agua líquida han sido muy numerosas y casi todas coincidentes: el agua de deshielo glaciar genera una energía notable para el arrastre y modelado de aluviones en los sectores de agua abajo y el retroceso de las lenguas glaciares se traduce, casi siempre, en una disección del valle y en el abandono de los depósitos marginales.

El reconocimiento efectuado en el campo no logró advertir la presencia de niveles que permitieran enlazar morfológicamente los

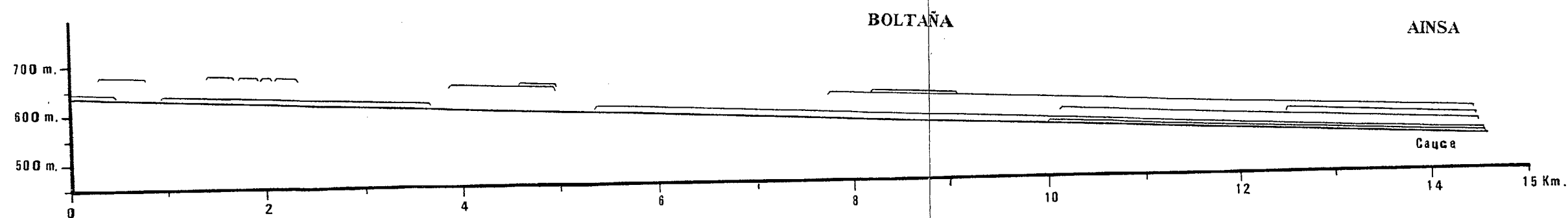


Fig. 56-b. PERFIL LONGITUDINAL DE LOS NIVELES ALUVIALES DEL RIO ARA

dispositivos morrénicos localizados en la margen izquierda del valle con alguno de los niveles de aluvionamiento del Ara.

En otros valles con este tipo de problemas, numerosos geomorfólogos han intentado identificar aguas abajo de los complejos morrénicos depósitos detríticos cuya génesis esté vinculada a la acción de las aguas de deshielo. Se trata de los famosos depósitos fluvioglaciares que si bien arman morfologías aluviales de convergencia, semejantes a las engendradas por otros tipos de caudales fluviales, presentan unas características específicas de rango sedimentológico y una estructuración interna peculiar, a la que ofrecen capas de aluviones en las que alternan materiales de diferente tamaño; estos depósitos estratificados han intentado ser identificados atendiendo a los siguientes criterios:

- Desde hace tiempo ya (CAILLEUX y TRICART, 1963), se determinó que uno de los métodos más precisos, para diferenciar los materiales fluvioglaciares de otros de origen aluvial, consistía en el análisis de la morfometría de los bordes de los cantos y gravas: el desgaste de los fragmentos fluvioglaciares ofrece valores mucho más bajos que los arrastrados por mecanismos torrenciales o fluviales; ello está motivado por su procedencia, vinculada a los dispositivos morrénicos, al escaso recorrido efectuado bajo la influencia del agua y a su dinámica, muy intermitente, determinada por el deshielo glaciar. Este criterio ha sido admitido y puesto en práctica, posteriormente, por numerosísimos autores que han confirmado la validez del método (KING, 1969; etc.)

- En épocas más recientes (CAMPY, et al., 1990) el diagnóstico de las formaciones fluvioglaciares y su identificación en un valle son decididos atendiendo más a la estructura interna del materia y su tipo de litofacies, que en función de las características morfométricas de los elementos. Las facies fluvioglaciares ofrecen forma de lentillas alternantes, de extensión lateral plurimétrica y decamétrica, y su espesor es notable. Las lentillas muestran elementos de talla comprendida entre algunos milímetros y 60 cm. y éstos ofrecen

imbricaciones y lechos oblicuos; los cantos están envueltos en una matriz de arenas gruesas y sus facies es comparable a las facies "Gm" de MIALL, (1978).

Ambos procedimientos conllevan a dos diagnósticos algo diferentes en el valle del Ara. Si atendemos al desgaste, hay que señalar que no ha sido posible determinar con nitidez depósitos con tipología asimilable a una facies fluvioglacial, lo suficientemente clara que nos permitiera efectuar esta correspondencia. Si atendemos al análisis de su estructura interna y de la morfología que ofrecen los aluviones del valle del Ara, surgen nuevas dudas: el modelo propuesto de litofacies, la tipología de material, la imbricación de los elementos, su organización en material, la imbricación de los elementos, su organización en barras, etc. permiten una cierta asimilación a acumulaciones fluvioglaciares, aunque hay que hacer notar que ciertos hechos típicos que muestran estos materiales están ausentes en este valle pirenaico; nos referimos a la ausencia de niveles rítmicos (lechos gruesos de hasta medio metro con arenas y cantos bien rodados intercalados con lechos finos esencialmente arenosos y con estratificación lenticular) que representen una sedimentación de margen pro-glacial, cuya dinámica debió estar presidida por las variaciones de caudal continuas en los canales anastomosados que llevan las aguas de fusión glacial. Una hipótesis podría ser que esté ocupando la parte más baja del perfil del valle enterrado y fosilizado por los aportes actuales, en la zona de Buesa.

A continuación, abordaremos los antecedentes geomorfológicos consagrados al estudio de la sedimentación aluvial en las cuencas fluviales pirenaicas de la vertiente meridional, luego pasaremos a examinar, rápidamente, las consideraciones establecidas en las cuencas pirenaicas francesas, algunos aspectos mineralógicos, y por último, centraremos nuestro estudio con los aluviones y formas de la cuenca del río Ara, objeto de estudio.

1.1. LAS TERRAZAS PIRENAICAS DE LA VERTIENTE ESPAÑOLA.

La cronología de las terrazas cuaternarias que se alojan en las cuencas pirenaicas españolas constituyen, todavía hoy, un problema no del todo resuelto desde el punto de vista geomorfológico. La ausencia de restos paleontológicos, de útiles prehistóricos y de dataciones isotópicas son uno de los graves inconvenientes que ofrecen sus masas aluviales de cara al establecimiento de su edad.

En el pasado, la falta de estas evidencias, más o menos precisas, se resolvía mediante procedimientos de pura altimetría e incluso, cuando ello era posible asociando la edad de cada terraza con la edad, aparentemente bien conocida, de las morrenas con las cuales enlazan en la parte alta del valle. Así, se determinó:

En Andorra y valles españoles próximos, a inicios de siglo (CHEVALIER, 1906), se concretó la existencia de dos niveles de terrazas: de ellas la más alta, T +10-12 m., fue datada del Riss y las más baja, T +4-6 m. fue asociada al Wurm.

Mas terrazas y de mayor edad fueron puestas de manifiesto en la zona de Puigcerdá, años después. En efecto, un complejo sistema de terrazas compuesto por varios niveles fue detectado en esta zona entre los que destacaban los siguientes niveles (PANZER, 1932): la terraza +80-100 m. de Puigcerdá, con las morrenas del Mindel; la terraza +50 m. enlazaría con la morrena del Riss y las terrazas +27 m. (que pierde rápida y progresivamente su altura respecto al cauce), T +12 y T +2 m. serían wurmienses, al enlazar estos niveles con las morrenas laterales de esta glaciación. Este sector volvió a ser analizado, años más tarde, (SOLE SABARIS et al., 1957) resolviéndose que sólo existían dos glaciaciones (Riss y Würm).

En la cuenca del Alto Segre, concretamente en la cubeta de Bellver se distinguieron, en los años 30 (BOISSEVAIN, 1934), cuatro niveles de terraza (T +100m., T +40-46 m., T +10-12 m. y T +2-3 m.) que fueron asimilados al Riss y al Würm: las dos más altas eran de

edad Riss y las dos más bajas eran würmienses. Años más tarde, y al igual que en la zona de Puigcerdá, este sector fue revisado; se confirmaron con las alturas de las terrazas a la vez que se asumieron, más o menos, las mismas suposiciones geomorfológicas (SOLE SABARIS Y LLOPIS LLADO, 1944).

Sin embargo, otros autores a partir de los años 60 dirigen el problema glaciar del Pirineo sometiéndolo a una visión monoglaciarista: los arcos externos existentes en tantos valles son el resultado de ciertas oscilaciones climáticas dentro de una misma fase glaciar. Incluso, en aquellos valles en los que no existe ningún enlace morfológico claro entre los arcos morrenicos externos y las terrazas desvinculan a unas y otras unidades geomorfológicas: las terrazas altas son claramente preglaciares y de origen no fluvio-glaciar (VIERS, 1961).

Otra contribución, ciertamente muy interesante, se desarrolló a mediados de los años 60 (SERET, 1965). Esta consistió en comparar el comportamiento de los sistemas fluvioglaciares de los valles de los Vosgos occidentales, de los Pirineos aragoneses (con una alimentación menor), y de los valles del piedemonte septentrional de los Alpes austriacos.

En los Vosgos occidentales, muy oceánicos, los procesos fluviales y periglaciares fueron vigorosamente acumulativos, y el sistema fluvio-glaciar engendró sendas acciones erosivas. En este marco la sucesión de etapas son (SERET, 1965):

a.- Los ríos fueron incapaces de retomar la carga procedente de los aportes laterales de las vertientes. Episodio de construcción contemporáneo del desarrollo de las lenguas glaciares.

b.- Posteriormente, tiene lugar una intensa acumulación fluvial pro-glaciar, engendrada por los canales de agua que funcionan por debajo de la morrena terminal. El agua de deshielo estival de nieves fue el protagonista de este momento.

c.- El recalentamiento climático provocó un retroceso progresivo de los glaciares, acompañado de una incisión del arco morrenicos. Durante esta etapa se modela la terraza inferior. El agente principal es el agua de fusión glaciár, esta fase erosiva es fluvio-glaciár.

Para el Pirineo central y concretamente para las cuencas del Aragón y del Gállego, se sugiere la existencia de dos tipos de conjuntos fluviales que dependen de factores morfoclimáticos y que se superponen en la estratigrafía de los depósitos aluviales de estas dos cuencas, no lejanas a la del río Ara:

- En el muro de los depósitos aluviales pirenaicos se advierte materiales estratificados muy finos, sobre todo compuestos por gravas y están ausentes los elementos finos y también los cantos grandes y bloques. Estos conjuntos pertenecen a la tipología fluvio-periglaciár y fueron originados por la llegada al fondo del valle de enormes masas de derrubios de aporte lateral, lo que conduce a una incompetencia de la red hidrográfica. Además, sus caudales estaban mermados y no conocieron fuertes crecidas ya que los hielos retenían una importante cantidad de agua, lo que regularizaba el régimen de los ríos.

Encima descansa un conjunto heterométrico y no estratificado, compuesto por grandes bloques retomados de la morrenas, puestos en marcha por mecanismos brutales, testigo de fuerte pulsación de corriente y sobrecarga aluvial en el lecho. Este conjunto es contemporáneo de la fusión rápida y acelerada de los hielos y por tanto es de naturaleza fluvio-glaciár.

El objetivo de Seret fue demostrar que no se puede generalizar con las tipologías aluviales de rango fluvio-glaciár, ya qué en realidad la fusión del hielo, en lugar de dar origen a una acumulación, puede traducirse por una acción erosiva en aquel dominio de la cuenca (tramo medio o bajo) que esté sometido a procesos periglaciares. Al poco tiempo, fue analizada la zona de Biescas y

Sabiñanigo en el alto valle del río Aragón (BARRERE, 1966). Este estudio puso de manifiesto la existencia de una importante terraza fluvio-glaciár en Senegüe y Sabiñanigo; esta terraza inferior corresponde al máximo glaciár con la fase de desarrollo de las morrenas internas.

En sectores más orientales, concretamente en las cuencas del río Segre, Noguera Pallaresa y Noguera Ribagorzana se han distinguido tres tipos de acumulaciones cuaternarias (PEÑA MONNE, 1983) :

- las terrazas fluviales.
- los aportes laterales: conos de deyección y glacis.
- las masas coluvionares.

En el alto Segre, las terrazas detectadas han sido : T+100 m.; T+40-60 m.; T+20-27 m.; T+10-12 m. y T+2-3 m.. A modo de síntesis, y para toda la cuenca, los niveles analizados son (PEÑA MONNE, 1983):

	SEGRE	NOGUERA PALLARESA	NOGUERA RIBAGORZANA
-Pliocuaternario	P1 +100-250m.	+130-150m.	+120-200m.
-Terraza superior	T5 + 85-90 m.	+ 110 m.	+ 85-90 m.
-Terraza alta	T4 + 35-60 m.	+ 55-75 m.	+ 50-65 m.
-Terraza media	T3 + 15-27 m.	-----	+ 25-35 m.
-Terraza baja	T2 + 8-12 m.	+ 12-15 m.	+ 10-20 m.
-Terraza inferior	T1 + 1- 3 m.	+ 1- 3 m.	+ 1- 3 m.

Entre los hechos más importantes a destacar hay que apuntar:

-Las terrazas del Segre están compuestas por acumulaciones muy diferentes a las del río Ara; esto es, por limos, arcillas, arenas, gravillas y sobre todo por gravas bien estratificadas.

-Los materiales aluviales no ofrecen indicios ni de gelifracción interna, ni de crioturbación.

-Las terrazas y los glacis son consecuencia de un idéntico proceso de deposición y su génesis pertenece a momentos climáticos rigurosos; los glacis son de origen periglaciario.

-Los momentos climáticos más cálidos, además de fundir los hielos de cabecera produjeron la incisión lineal en los glacis, en los conos y en los lechos de los grandes ríos.

-Las terrazas son de edad glaciario, aunque ni el Noguera Pallaresa ni el Noguera Ribagorçana ofrecen enlaces nítidos entre las morrenas y las acumulaciones fluvio-glaciares.

-El modelado periglaciario actuó con notable eficacia por encima de los 750 m.

En el momento actual, el problema de enlazar morfológica y cronológicamente morrenas y niveles de terrazas es una cuestión en la que existen opiniones muy diversas y contrastadas, que se desvanecen en la mayoría de los casos cuando este enlace se puede restituir con precisión, es decir, cuando se conserva y no ha sido eliminado por las acciones erosivas posteriores. Sin embargo, en la mayoría de las cuencas pirenaicas, tanto del lado español como del francés, según veremos en el siguiente apartado, los enlaces geomorfológicos de la última glaciación han sido muy deteriorados e incluso eliminados; de los posibles enlaces más antiguos no queda nada, solo suposiciones y múltiples análisis sedimentológicos que intentan demostrar que el material aluvial de tal o cual nivel ofrece unas "indudables características fluvio-glaciares" que sugieren o testimonian la existencia de masas glaciares anteriores a la última glaciación. Se comprende, pues, que derivado de estos hechos, los datos todavía no sean muy seguros y que por ello, sean discutidas y enigmáticas las cuestiones paleoclimáticas que se sucedieron en esta cordillera.

Intentando encontrar una solución a esta problemática, existe un reciente trabajo de SERRANO (1991), donde se estudian las diferentes fases frías durante el Pleistoceno. La más extensa e

importante corresponde al Pleistoceno reciente y una segunda, caracterizada por un periodo seco y frío con pulsaciones glaciares en el transito Pleistoceno - Holoceno. Durante el Holoceno, no se aprecia la existencia de fases frías acusadas hasta épocas recientes, con recrudescimientos seculares que se reflejan únicamente en la alta montaña.

El mismo autor presenta dos fases para el encajamiento de la red hidrográfica actual. Una primera correspondiente al Pleistoceno inferior y la segunda en el Pleistoceno superior, estableciéndose una red muy similar a la actual sobre la que se inscribe el pleniglaciár, que se ensancha e incide parcialmente los valles elaborados por esta red.

1.2. CUENCA ALTA DEL RIO ARA: MORRENAS Y ALUVIONAMIENTOS

Los estudios sobre el glaciario del valle del Ara datan de muy antiguo ya que numerosos investigadores se sintieron atraídos por la belleza y espectacularidad que presenta el valle del Arazas, su afluente, que se instala en el valle de Ordesa. Las primeras descripciones se realizaron a finales del siglo XIX (MALLADA, 1876; PENCK, 1883) y se continuaron a principios de siglo, aunque no exentos de controversia (HERNANDEZ PACHECO, 1920; OBERMAIER, 1921). Entre los problemas abordados en los primeros trabajos destaca la identificación de numerosas formaciones morrénicas y se plantean los primeros interrogantes acerca del número de glaciaciones, espesor posible del hielo en distintos puntos y zona terminal del máximo glaciár.

Estos estudios señalan que todo el tramo alto del río Ara estuvo cubierto por un "ingente" glaciár que tenía su zona de alimentación en el Macizo del Vignemale, del Pico de Chabbarri, del pico de los Batanes, entre otros. Este glaciár recibía por su izquierda al glaciár procedente de Ordesa, que bajaba por el Valle del Arazas y tenía su zona de alimentación principal en el Macizo

de las Tres Sorores, donde tienen su culminación los picos de Marboré, Cilindro y Monte Perdido. La lengua del glaciar del Ara descendía por los parajes en los que hoy se asientan las localidades Torla (1.303 m.), Oto (915 m.) y Broto (895 m.) terminado en las proximidades de Fiscal (785 m.), a 10 km., aproximadamente aguas abajo de Broto y a 850 m. de altitud (PENCK, 1885). Igualmente, se detectaron numerosas morrenas, entre ellas las existentes debajo del Collado de Cotefablo, que permitieron sugerir que en este lugar el espesor del hielo alcanzó los 300 m.

También se iniciaron las discusiones pluriglaciarias y monoglaciarias; mientras que unos advirtieron al menos dos complejos morrénicos pertenecientes a la última y penúltima glaciación (HERNANDEZ PACHECO, 1920); otros rectificaron ciertas observaciones (OBERMAIER, 1921): aquellos materiales eran el testigo de las fases de retroceso acontecidas después del máximo glaciar; éstas se situaron en las inmediaciones de Torla a unos 1000 m. de altura. Otro retroceso de unos dos kilómetros separó definitivamente el glaciar lateral de Ordesa del glaciar del Ara. Diferentes acumulaciones morrénicas quedaron también paralizadas más tarde a unos 1300 y 1500 m.

A finales de los años 40 otro estudio, consagrado al análisis de las formas glaciares en el Pirineo, determinó que la lengua glaciar que cubrió el valle del Ara, alcanzó una notable longitud al llegar a las proximidades de Fiscal (PANZER, 1948), dimensiones que ya habían sido señaladas en los trabajos anteriores (PENCK, 1883).

Muy recientemente, las características geomorfológicas glaciares del valle del Ara han sido objeto de un análisis muy minucioso (SERRANO Y MARTINEZ DE PISON, 1994). Este valle fue cubierto por los hielos glaciares a lo largo de sus primeros 30 kilómetros hasta la localidad de Asín de Broto. Aquellos procedían, esencialmente, de la lengua glaciar del Ara, alimentada

también por su segundo ramal en el río Arazas, donde se inicia el valle de Ordesa, que confluían en el "Puente de los Navarros".

Tal y como se había señalado anteriormente, el valle del Ara no presenta ningún complejo morrénico terminal; el frente pleistoceno del glaciar del Ara se sitúa cinco kilómetros, aguas abajo de Sarvisé (proximidades de Asín de Broto). Aguas abajo, se desarrolla, según los mismos autores, una terraza fluvioglacial y un complejo de glacis-terrazza, muy bien representado en la depresión margosa del Fiscal-Jánovas; un hipotético nivel de glacis ("Glacis II") coincidiría con la terraza fluvio-glacial que continúa a retazos hasta pasado el Barranco de Otal-Bergua. La coincidencia de varios factores -inicio del aluvionamiento fluvio-glacial-, la terminación del modelado erosivo en artesa y la desaparición de los materiales morrénicos en las laderas y rellanos del valle permitieron pensar, a modo de hipótesis, (SERRANO y MARTINEZ de PISON, 1994), en situar a 800 m. el frente de hielo en el máximo glaciar. Aguas arriba del punto antes descrito existe un conjunto de morrenas laterales que aseguran la presencia de hielos pleistocenos. En el Barranco de Chaté los mismos autores localizan un complejo morrénico desdoblado que señala dos pulsaciones y una acumulación de hielo de 150 m. En Buesa, a 1150 m., se observan restos morrénicos colgados a 260 m. sobre el fondo del valle sin que haya quedado ningún resto detrítico que nos permita morfológicamente enlazar estos retazos con los dispositivos aluviales del río Ara. Por nuestra parte, y a la vista de los datos del sondeo, efectuado por la empresa ENAGAS en el fondo del valle actual, que determinó la existencia de materiales detríticos con un espesor de 60 metros, podemos establecer que la masa de hielo pudo alcanzar un espesor cercano a los 300-320 metros.

En la parte occidental del valle se localizan un complejo morrénico lateral, pueblos de Viú y Linas de Broto. En este último punto, uno de los mejores estudiados (MALLADA, 1876; PENCK, 1883; MARTI, 1978; SERRAT, VILAPLANA, MARTÍ, 1983) se

encuentra un depósito de obturación lateral de 60 m. de espesor rellenando el Barranco de Sorrosal, en el que se han aparecido tres fases genéticas:

- 1.- obstrucción por el hielo y generación de un lago de obturación,
- 2.- retroceso glaciar y dinámica deltaica en el lago,
- 3.- y por último retroceso pronunciado con vaciamiento del lago, todo ello atribuido a la última glaciación pleistocena (SERRAT, VILAPLANA, MARTÍ 1983).

En Torla, en el complejo lateral de la Ermita de Santa Ana (SERRANO y MARTINEZ de PISON, 1994) registran un espesor del hielo de 480 m. mientras que en Ordesa alcanzaría un grosor de 800 m. configurando una artesa colgada sobre la que reposa un depósito posiblemente morrénico (PANZER, 1948; MARTINEZ de PISON, 1986) que señalaría un estadio de disociación finiglaciár Pleistoceno. Por encima de estos, se encuentran restos morrénicos más recientes en los Circos del Cilindro-Marboré y Soum de Ramound asociados a la Pequeña Edad del Hielo (MARTINEZ de PISON y ARENILLAS, 1988).

Finalmente, en el alto Ara se observan complejos morrénicos más recientes y asociados a la alta montaña. Existe una amplia representación de pequeños glaciares rocosos y derrubios afectados por flujo, hoy inactivos, coetáneos de los arcos morrénicos y conos proglaciares del macizo del Vignemale.

1.3. DATOS SOBRE LAS CUENCAS PIRENAICAS FRANCESAS.

Los inicios orientados al conocimiento sistemático de los aluviones fini-terciarios y cuaternarios en las cuencas pirenaicas francesas datan de finales del siglo XIX y principios del actual (BOULE, 1894, MARCHAND, 1900); estos se consagraron al estudio de los aluviones de los altos valles del Garona y del Neste y al análisis de

la denominada formación "Lannemezan" perteneciente al tránsito Terciario -Cuaternario; entre los métodos de trabajo utilizados destaca la comparación que se efectúa entre los aluviones de la formación Lannemezan y los integrados en la terraza +15m. (BOULE, 1894) "sin que se adviertan notables diferencias de petrografía y tamaños".

Años después, el enfoque que dirigió las investigaciones en las cuencas pirenaicas fue el modelo alpino, propuesto por PENCK y BRUCKNER (1909), que situaba la edad de cada terraza en una etapa glaciaria, mientras que la incisión que dejaba colgados los aluviones se asociaba a los momentos interglaciares. Este modelo tuvo una gran vigencia durante los años posteriores e incluso los datos paleontológicos, con restos de faunas frías, que se obtuvieron en las terrazas bajas reafirmó la validez de aquel enfoque genético

Entre los años 1950-1965 se establecieron los primeros datos sedimentológicos, mineralógicos, edafológicos, etc., aplicados al conocimiento geomorfológico de las cuencas pirenaicas francesas (TAILLEFER, 1951; ALIMEN, 1953; RIEUCAU, 1957; VOGTH, 1962; USSELMANN, 1964; ALIMEN, 1964; etc. En ellos se planteaba un problema muy similar al que nos ocupa en el valle del Ara: la mayor parte de sus terrazas fluviales están desconectadas geomorfológicamente de las antiguas morrenas, al haber sido sus enlaces destruidos por la erosión.

En las cuencas de la vertiente francesa se determinó la presencia de numerosos niveles de terrazas que se disponían altimétricamente con más de cien metros las más antiguas, y con tan sólo siete y tres metros las más modernas; el problema generalizado fue la interpretación que se efectuó de las características heterométricas y morfométricas (desgaste y aplanamiento) del material aluvial que componía cada nivel de terraza: eran fragmentos de origen fluvio-glaciario, lo que hacía presuponer que cada nivel fluvial colgado identificaba la existencia de una glaciación en el pasado.

Así, las terrazas más antiguas ofrecían dos niveles muy elevados sobre el "talweg" actual. Uno ocupando la posición más

elevada T +140 m. , T +120 m. y T +100 m. y otro cuyos techos aluviales se asociaban a T +90 m. y T +70 m. Estos niveles fluviales muy antiguos fueron genéticamente asociados el más alto con una glaciación que sería equivalente a la "Donau" de la región Alpina y el más bajo (T +90; T +70) con la glaciación "Gunz". Esta vinculación estaba motivada por la existencia, dentro de sus masas aluviales, de cantos con síntomas de estriamiento y porque el estudio morfométrico de sus aristas denunciaba su origen fluvio-glaciario, con material retomado de los dispositivos morrénicos de aquellos tiempos (ALIMEN, 1969). La mineralogía de su fracción fina evidenciaba unas características diferentes a la que ofrecía la "Formación Lannemezan". Además, un paleosuelo rojo del Interglaciario Gunz-Mindel cubría estas dos terrazas. Otros datos que atestiguaban la antigüedad de estos niveles fue la localización de ciertas industrias, con restos que se encontraban a partir de la terraza +90 m.. Dichos testimonios consistían en cuarcitas talladas muy torpemente y fueron asimiladas a la "Pebble Culture" (BREUIL et MEROC, 1950).

La terraza +60 m. fue también asociada a otra glaciación, al estar formada por materiales de tipo fluvio-glaciario; su edad ha sido considerada como la equivalente, en el Pirineo, a la glaciación Mindel. Se trata de un nivel cuya presencia es generalizada en la mayor parte de las cuencas fluviales de este lado del Pirineo (Neste-Garona, Adour, Gave de Pau, etc.); también se localiza en numerosas cuencas fluviales del Pirineo español, aunque su edad cuaternaria es aquí más incierta. Mineralógicamente, este nivel ofrece rasgos muy semejantes a los de las terrazas altas y de nuevo, un suelo rojo, visible en múltiples lugares, cubre esta terraza: este episodio edáfico generalizado ha sido sistemáticamente vinculado, por numerosos autores, al interglaciario Mindel-Riss. La edad de la terraza también ha sido determinada por procedimientos prehistóricos, ya que desde los años 30 (BREUIL, 1937) y con posterioridad fueron localizados abundantes restos del Achelense antiguo y medio.

La terraza +25-30 m., compuesta también por aluviones fluvio-glaciares, ha sido asimilada a la glaciación Riss. La naturaleza

litológica de estos aluviones es algo diferente a la de las terrazas anteriores, pero su composición mineralógica es casi semejante a la T +60 m. Este nivel, muy representativo en numerosas cuencas fluviales de la región, presenta numerosos síntomas de solifluxión y en su techo se advierte un paleosuelo que ya no es rojo, sino marrón y relacionado con el último interglaciar Riss-Wurm. En el interior de este nivel han sido detectados restos líticos del Achelense final y del Musteriense, que empezaron a ser analizados y estudiados desde hace bastante tiempo (BREUIL, 1937).

Las terrazas más bajas, T +15 m., T +7 m. y T +3 m. se vinculan cronológicamente con la última glaciación (Wurm); incluso se advierte el enlace morfológico existente hoy entre los edificios morrénicos del Wurm I y su gradual paso a la terraza +10-15 m. En los aluviones se advierten algunos cambios petrográficos respecto a las anteriores pero, una vez más, la composición mineralógica sobre todo de pesados es muy semejante a la de la terraza +25 m. (Riss) y a la T +60 m. (Mindel). Existen restos paleontológicos que reafirman la edad reciente de estos bajos niveles y que pertenecen a *Elephas primigenius* y a *reno*.

Un interesante trabajo destinado al conocimiento de la mineralogía de los aluviones y de las capas terciarias del piedemont norte del Pirineo (DUPLAIX, 1956) estableció una serie de hechos que han sido confirmados en estudios más recientes: las terrazas wurmienses, rissiensas y mindelienses están formadas esencialmente por minerales no resistentes a la alteración, como el anfíbol que se mantiene desde porcentajes cercanos al 90% en la terraza wurmiense hasta porcentajes que fluctúan entre 16% y 60% en las terrazas mindelienses; en estos niveles, los minerales más resistentes (turmalina, circón, granate) sólo ofrecen trazas de su presencia, dado que son minerales minoritarios que sólo se manifiestan con importancia, cuando las acciones de alteración han eliminado los minerales más frágiles. Por el contrario, los anfíboles desaparecen en los niveles más antiguos y en los terrenos terciarios dando entrada a la presencia de minerales resistentes.

A partir del año 1965, las cuencas pirenaicas son objeto de nuevos estudios (PATIN, 1967; ICOLE, 1967, 1968, 1969a, 1969b, 1970a, 1970b, 1971a, 1971b; HUBSCHMAN, 1972) y Tesis Doctorales (THIEBAUT, 1970; ICOLE, 1973; HUBSCHMAN, 1975; etc.) que advierten algunas limitaciones en los trabajos anteriores y se muestran más prudentes a la hora de determinar las fases glaciares que han podido desarrollarse en el Pirineo; igualmente, estos nuevos trabajos traerán metodología más propicias (mineralogía, análisis de arcillas, examen de cortes, etc.) para el establecimiento y la definición de las crisis climáticas que han acontecido en el pasado.

Los aluviones de los grandes ríos pirenaicos de la vertiente francesa ofrecen diferente composición petrográfica y mineralógica, así como una distinta textura de la matriz; estas modificaciones están motivadas por las variadas edades de los depósitos, de la alteración superficial que hayan sufrido y de su ubicación en el tramo alto o en el medio del valle (ICOLE, 1973).

Cronológicamente, se sigue asimilando la edad de cada terraza a una edad glacial (ICOLE, 1973; HUBSCHMAN, 1975); sin embargo, su asimilación parece atender más bien a razones de orden temporal y no de índole genético, ya que al plantearse los problemas del monoglaciarismo o del pluriglaciarismo pirenaico, los hechos morfológicos y edáficos conducen a admitir sólo la existencia de dos períodos glaciares distintos en el piedemont del Garona: Riss y Wurm (HUBSCHMAN, 1975), siendo posible la existencia de glaciaciones pre-rissienses ya que han sido evocadas numerosas veces por diferentes autores. No obstante, se insiste en el tema de que no existen pruebas directas de las fases glaciares pre-Riss. En efecto, no todas las terrazas aluviales del Pirineo están formadas por materiales fluvioglaciares en las que los bloques morrénicos han sido dispersados por las aguas; eso si, los análisis sedimentológicos detectan que estos materiales aluviales -gruesos y mal clasificados- muestran ciertas analogías con los que integran las verdaderas terrazas fluvioglaciares recientes.

Entre las conclusiones más interesantes en lo que respecta a los niveles fluviales de las cuencas francesas señalamos:

- Las etapas de biostasia y rexistasia, alternantes en el tiempo, son el modelo ambiental que mejor define las grandes líneas de evolución morfoclimática y edáfica del Pirineo francés, durante el Cuaternario: Sin embargo, sólo las crisis climáticas del Riss y del Wurm han sido de naturaleza glaciaria; las crisis pre-rissiensas se han caracterizado esencialmente por ambientes de sequedad.

- Los criterios altimétricos son poco fiables a la hora de datar los niveles fluviales pirenaicos.

- Se advierte un decrecimiento progresivo de los tamaños de los cantos, desde los niveles fluviales más antiguos a los más modernos. Ello implica que los cursos de agua que dieron lugar a los niveles más remotos presentaban grandes irregularidades de su caudal con fuertes pulsaciones de corriente y una alimentación moderada. Por el contrario, los niveles rissiensas y wurmienses, con fragmentos mucho mejor clasificados, evocan una alimentación más constante y caudales mucho más regulares.

- Los abanicos aluviales de la formación "Lannemezan" (Pliocuaternaria) fueron organizados bajo climas netamente semiáridos; estas condiciones ambientales se continuaron durante el Cuaternario más antiguo (Donau) y en menor medida, a lo largo del Gunz y Mindel.

- En las terrazas del Mindel y más antiguas, todos los fragmentos graníticos, que yacen en su masa aluvial, están totalmente arenizados; sólo algunas aplitas, pegmatitas guardan todavía su cohesión.

- Los paleosuelos rojos que coronan los niveles fluviales antiguos no deben ser considerados estrictamente como el resultado de unas condiciones climáticas determinadas favorables a la edafogénesis, sino simplemente, son el resultado de una evolución progresiva y de

larga duración. En la mayoría de los casos estudiados, los testigos pertenecientes a las presumibles condiciones climáticas de los momentos cálidos y húmedos están muy modificados por los procesos acumulativos de una edafogénesis de larga duración.

- Durante el Riss (150.000-100.000 años) el clima fue muy frío y húmedo. Representa un importante período glaciario y construyó importantes aluvionamientos de índole fluvio-glaciario.

- El período Riss-Wurm, más que una etapa de retroceso glaciario, como lo consideran algunos geomorfólogos franceses, es un verdadero interglaciario con una duración notable, 30.000 años aproximadamente (100.000-70.000) y con un clima templado. En este contexto ambiental, se desarrolló una importante incisión en los cauces de la región debido a la fitoestabilización de las laderas y a la escasa carga aluvial que transportaban. Edáficamente, este interglaciario genera sobre las formaciones limosas abundantes suelos pardos lavados, con un perfil relativamente desarrollado.

- El Wurm presenta dos estadios; durante el Wurm I, la presencia de un clima muy frío y húmedo organiza nuevos conjuntos glaciares y también nuevas llanuras fluvio-glaciares cargadas de abundante material; el Wurm II fue menos frío y más seco que el estadio anterior; ello originó la puesta en marcha de abundantes formaciones loessicas a este lado del Pirineo.

- Los tiempos Postglaciares se han caracterizado por la eficacia de los procesos de incisión fluvial que han dejado colgadas las terrazas fluvio-glaciares wurmienses.

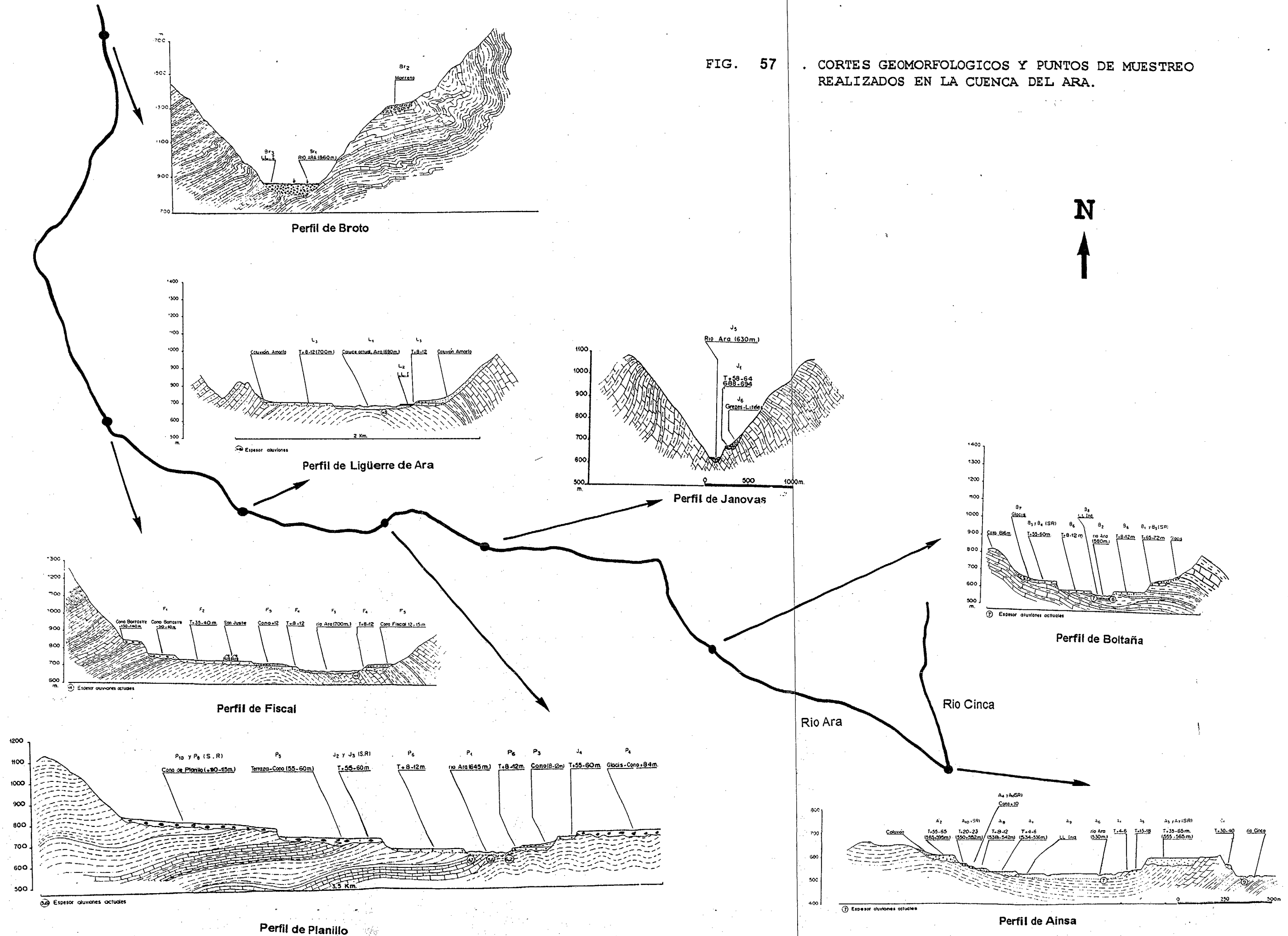
Pero quedan, todavía, otras incógnitas que resolver: ¿cuántas fases glaciares y de clima templado se han sucedido en la cabecera de las cuencas fluviales del Pirineo Aragonés?; ¿se ajustan o no al modelo de los estadios isotópicos propuestos no hace mucho tiempo? ¿cuál es el origen de las terrazas que se insertan en los tramos altos de los valles y que fueron cubiertas por las masas glaciares?;

¿existen verdaderas terrazas fluvio-glaciares?; ¿cómo diferenciarlas de otras terrazas de origen fluvio-torrencial y que por lo tanto no han sido originadas por los procesos de fusión glaciaria?; ¿bajo qué condiciones ambientales se han originado las fases de incisión fluvial en estos dominios?; ¿es igual el comportamiento geomorfológico de las cuencas fluviales de la vertiente meridional o existe algún tipo de diferencias impuestas por las distintas condiciones morfogenéticas que en el pasado se han sucedido en el Pirineo occidental, en el aragonés y en el catalán?; ¿es posible establecer una comparación entre las cuencas españolas y las francesas? Estas y otras muchas preguntas forman parte de una problemática que poco a poco se va conociendo y de la que todavía no tenemos más que una visión muy parcial.

Somos conscientes que el estudio de una sola cuenca, como la del Ara, no podrá, en modo alguno, solucionar estas preguntas. No obstante, se procederá a un análisis sistemático de los aluviones que forman las terrazas de la cuenca del Ara, de sus estructuras sedimentarias y de las características que ofrecen las distintas unidades geomorfológicas. Sabemos de antemano que el análisis de todos estos datos tendrán, inicialmente, un alcance limitado; ello se debe a que es la primera vez que una cuenca fluvial pirenaica es sometida a un análisis de todas sus variables sedimentológicas, mineralógicas, etc. y que por tanto, no se podrán contrastar estos datos con ninguna otra cuenca. Se echará de menos, en estos capítulos, a uno de los principales métodos de análisis geomorfológicos -el comparativo-; no obstante, esperamos que en un futuro próximo este vacío sea cubierto por otros trabajos que aborden este tipo de problemas y que planteen hechos objetivos, que permitirán solucionar algunas de las preguntas arriba apuntadas.

Por tanto, en la cuenca del Ara se escogieron varios perfiles transversales al valle en función de su interés o de la complejidad que las formaciones cuaternarias revestían en cada paraje (Fig. 57). En total se han realizado siete perfiles que desde el tramo alto a la desembocadura han sido:

FIG. 57 . CORTES GEOMORFOLÓGICOS Y PUNTOS DE MUESTREO REALIZADOS EN LA CUENCA DEL ARA.



- Perfil de Broto.
- Perfil de Fiscal
- Perfil de Ligüerre de Ara.
- Perfil de Planillo.
- Perfil de Janovas - Anticlinal de Boltaña.
- Perfil de Boltaña.
- Perfil de Aínsa.

En cada perfil se ha procedido con criterios actualistas; esto es, se ha comparado los datos de sedimentología, mineralogía, etc., de la llanura aluvial actual con los que ofrecían los distintos niveles fluviales, con el fin de identificar si los procesos antiguos y sus estructuras resultantes eran o no semejantes a los que, hoy en día, organiza la dinámica actual del río.

1.4. PROCEDENCIA DE LOS MINERALES DE LA CUENCA DEL ARA

Por su difícil ubicación dentro de esta Tesis, se ha dispuesto el apartado de procedencia de los minerales pesados y ligeros en este capítulo, con la finalidad de poder asociar con más facilidad las características mineralógicas de cada conjunto geomorfológico y su posible dependencia con los afloramientos geológicos de la cuenca.

Como ya se comentó en el apartado de metodología, se ha separado la fracción ligera (densidad $< 2,9$) compuesta esencialmente, por: cuarzo, feldespato, mica, carbonatos y otros, de la fracción pesada compuesta por minerales opacos (ilmenita, magnetita, hematite, limonita, goethita, leucoxeno, etc.) y por minerales transparentes (turmalina, circón, granate, rutilo, anatasa, broquita, anfíbol, estauroлита, andalucita, distena, epidota, etc.

El principal problema que conlleva este tipo de estudio es el continuo reciclaje que los minerales pesados más resistentes tienen con el paso del tiempo geológico. Ello ocasiona una serie de

indeterminaciones que pueden parcialmente soslayarse si se conoce bien la composición mineralógica de los distintos afloramientos que se localizan en una cuenca fluvial. Además, otro de los objetivos de este tipo de estudios es determinar las posibles condiciones ambientales que han reinado en la zona, dado que cada mineral tiene una sensibilidad más o menos específica ante los procesos de alteración química y de hidrólisis.

En la petrología de los macizos graníticos (Poset) de la cuenca del Cinca se encuentran como principales minerales de mayor a menor abundancia: plagioclasa, cuarzo, microclina, biotita, hornblenda, y como minerales accesorios : apatito, circón y opacos.

Por su parte, el macizo de Bielsa ofrece como minerales mayoritarios: cuarzo, ortosa, plagioclasa y biotita; como secundarios figuran: apatito, circón y opacos.

En lo que respecta a la petrología de las zonas metamórficas inmediatas a estos macizos graníticos nos encontramos con :

- los macizos granodioríticos tienen una aureola metamórfica de contacto con espesor que varía entre 100 y 1000 m.; en ella, los minerales más frecuentes son: andalucita, cordierita, y silimanita, estando muy cerca de la zona de contacto.

- Las zonas calizas afectadas por el metamorfismo contienen epidota, mármoles y serpentina.

- Finalmente, la zona de "skarn" o área afectada por metasomatismo de contacto efectuado por las granodioritas en las capas carbónicas del Devónico ofrecen: epidota, calcita, cuarzo y otros (anfíbol y clorita).

En cuanto a los macizos graníticos de la cuenca del Ara según el Mapa Geológico E. 1/50.000, Serie Magna (Hojas 145, Sallent y 146, Bujaruelo) son las siguientes:

* Granodiorita de grano medio biotítica-anfibólica, de color claro, con cuarzo, plagioclasa (andesita), biotita, hornblenda y feldespato potásico. Es la roca granítica más abundante.

* Granodiorita cuarcífera (tonalita), de grano fino-medio. Como minerales principales contiene cuarzo, andesina, biotita, clinoanfibol y clinopiroxeno y, como accesorios, están presentes epidota, apatito, circón, rutilo, moscovita, carbonatos y opacos. Ocupa las zonas periféricas del macizo granítico, en contacto con las series devónicas del Macizo de Vignemale.

* Granodiorita con biotita y anfíboles. Escasamente representada. Granodiorita cuya composición mineralógica es cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, sericita, epidota, clorita y biotita.

Todos estos afloramientos, en la cuenca del Ara, totalizan una superficie inferior a los 4 kilómetros cuadrados. El granito de Panticosa aflora en una superficie de unos 40 kilómetros cuadrados, la mayor parte de ellos en la cuenca del Gállego (río Caldarés y afluentes). Además de las rocas ígneas citadas, y según la misma referencia, incluye afloramientos importantes de otras rocas, a saber:

* Granito monzonítico. Es un granito muy leucocrático de grano medio, con plagioclasa (oligoclasa), microclina y presencia de biotita. Alguno de estos granitos pueden clasificarse como adamellitas.

* Granodiorita clara de grano fino a medio, con plagioclusas (oligoclasa-andesina), microclina, biotita y hornblenda. Los minerales máficos y la plagioclasa son idiomorfos.

* Son abundantes los diques de microtonalitas y micropórpidos tonalíticos, con emplazamientos poco profundos y microdioritas. Otros diques observados son de diabasa y porfiritas andesíticas.

Otros análisis efectuados a las formaciones de flysch que afloran en Broto (Fly-1) y Jánovas (Fly-2) arrojan los siguientes datos:

- Difracción de Rayos X

	BROTO (Fly-1)	JANOVAS (Fly-2)
Dolomita	22%	15%
Calcita	64%	75%
Cuarzo	12%	10%
Hornblenda	2%	-

- Análisis mineralógico

F ₂ O ₃	3,18	4,00
Ca O	6,05	5,91
Mg O	1,33	2,05
Na ₂ O	10,14	9,36
Ca ₂ O	1,06	1,22
Ti O ₂	0,22	0,15
Mn O	0,02	0,03
Al ₂ O ₃	17,14	17,51
Si O ₂	60,86	59,77
Pl	<5	<5
Ni	<5	<5
Cu	16	23
Zn	317	286
Cr	10	7
Zr	6	7

Resumiendo, los minerales pesados más resistentes de la zona, en orden de mayor a menor son: turmalina, circón, granate, rutilo, anatasa, broquita y estaurolita. Excepto la estaurolita (mineral muy

frecuente dentro de las rocas metamórficas) todos los minerales pertenecen inicialmente a rocas plutónicas. Desde ellas y con el paso del tiempo geológico, los más resistentes han pasado a formar los sedimentos de otras capas mesozoicas y terciarias.

Los minerales pesados más inestables son: el anfíbol que es el más alterable de todos y se le localiza tanto en rocas eruptivas como metamórficas, luego la andalucita y finalmente el piroxeno.

La andalucita, silimanita, y estaurolita no son minerales frecuentes en las rocas graníticas habituales y son típicos, por el contrario, de las rocas metamórficas.

2. PERFIL DE BROTO

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PERFIL.

Este perfil únicamente se compone de tres muestras: una barra actual, la llanura de inundación y los restos de una antigua morrena. No se han encontrado terrazas fluviales ya que a esta altura el hielo ocupaba el valle.

Por debajo del pueblo de Sarvisé, justo antes de estrecharse el valle, se observan niveles fluvio-torrenciales pero sin una morfología clara ya que están fosilizadas por el abundante material de ladera.

Gracias a los sondeos realizados por la Compañía General de Sondeos y Enagas, se ha podido averiguar que existe un espesor de 60 m. de gravas y cantos hasta el substrato geológico (Fig.58) a la salida del barranco de Sorrosal. Dos km. aguas abajo, el espesor es de 45 m. por debajo de los cuales se encuentra el flysch.

Estos datos nos han servido para constatar el enorme dispositivo torrencial y acumulativo que en un pasado tuvo este río y que todavía no ha perdido.

2.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES

BARRA ACTUAL (Muestra Br1)

Características generales de la muestra.

COLOR: 2.5Y 4/2
 ESTRUCTURA: sin estructura.
 CONSISTENCIA EN SECO: sin coherencia.
 CUTANES: no se observan.
 CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: nulo.
 CONTENIDO EN RAICES: no tiene.
 POROSIDAD: nula.

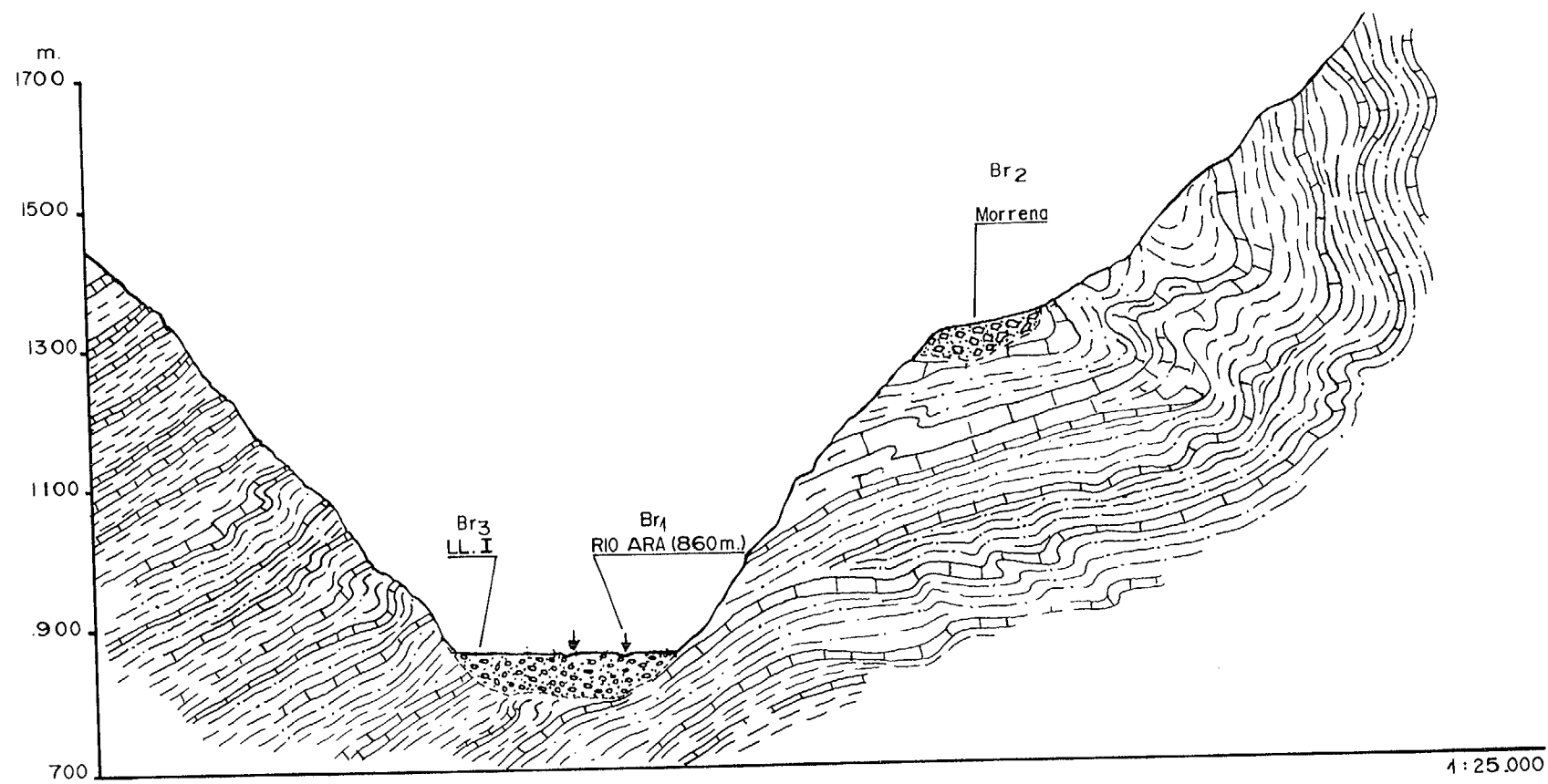


FIGURA 58 . PERFIL DE BROTO.

La zona de Broto y Ainsa son los puntos dónde el cauce tiene una mayor anchura (700 y 1800 m. respectivamente). Ello posibilita que estos lugares, sean los más propicios de todo el valle del río Ara, para la formación y emplazamiento de las barras. En este caso la muestra se recogió en una barra central, apenas cubierta por la vegetación, lo cual indica que es muy susceptible a posibles inundaciones.

Litofacies y estructura sedimentaria; Gravas masivas con textura no granosostenida. No presenta ninguna estructura sedimentaria: Facies Gms.

Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico (Fig.59) que ofrece esta muestra es típico de aluvionamientos muy recientes, no sólo de barras actuales, sino también de barrancos. Muy posiblemente esta similitud en la distribución granulométrica del histograma puede estar decidida por la cercana desembocadura del barranco de Sorrosal y de Chaté, contaminando por tanto el cauce del río Ara con sus aportes.

El histograma, al igual que los de estos barrancos, es unimodal con un máximo situado en el umbral 8-12 cm. donde se dispone el 36% de la muestra total. La mediana es de 9 cm. y el centilo de 47 cm. en arenisca. No existen grandes bloques, únicamente aparece algún testigo en el umbral de 24-40 cm. (bloques pequeños).

Litológicamente, se puede decir que existe un claro predominio de las areniscas, representadas por un 85%, frente a las calizas, con un 13%. La diferencia más sensible con respecto a la carga de los barrancos anteriores consiste en la presencia de granitos aunque en un porcentaje muy bajo (2%) en los aluviones del río Ara.

El histograma de desgaste presenta una mediana muy alta 240 y un máximo principal (Fig.57) situado entre 150-200. No aparecen cantos de nulo desgaste (inferior a 100) y por el contrario, por encima del

límite de 250 (propio de cantos desgastados) aparece un 54%, correspondiendo de ellos, un 6% a los elementos con desgastes muy elevados, superior a 500.

Respecto al aplanamiento, de nuevo debemos referirnos a la similitud que los elementos del Ara tienen con los barrancos anteriormente estudiados, ya que los procesos de rodamiento no han llegado apenas a eliminar las características texturales que los materiales del flysch eoceno imprimen en los elementos detríticos. La mediana, en consecuencia, es alta y el porcentaje de cantos con aplanamientos inferiores a 1.5 es de 10%, aumentando considerablemente los elementos muy aplanados (superiores a 2,5) con una representación de 60%.

Análisis de la fracción fina.

Respecto a la distribución general de arenas, limos y arcillas, la fracción arenosa es la mejor representada con un 85%; por el contrario, y como se observa en el diagrama triangular (Fig.60), el limo sólo presenta un 1% del total de la muestra, ostentando el valor más bajo de todo el perfil de Broto. Aunque, las arcillas no son muy cuantiosas en este depósito, también tiene el valor más bajo de su fracción y está bastante bien representada con un 14%.

Este depósito presenta un histograma granulométrico bimodal (Fig.60), con un máximo principal en el tamiz de 0.2 mm. y una acumulación secundaria en el tamiz de 0.5 mm. Las dos modas corresponden al tamaño de las arenas medias, fracción que retienen el 81.83% (Tabla 10) del sedimento total, mientras que las arenas finas y las arenas gruesas suponen únicamente el 12.28% y el 5.85% respectivamente. Existe una mezcla de dos subpoblaciones de origen distinto, ya que un máximo puede estar relacionado con los aportes del Barranco de Chaté, al introducir una mayor cantidad de sedimentos.

La curva es hiperbólica de tipo sigmoidal tendida. Se puede decir que es una acumulación semiforzada en la que ha predominado la

decantación sobre el lavado (ello se refleja en que el máximo de acumulación de los sedimentos se produce en el tamiz de 0,2 mm.). La clasificación del depósito es buena ($SO=1,53$) indicando una dinámica fluvial bastante tranquila como refleja el valor de la kurtosis (0,94) y por la skewness (0,07) estando la fracción gruesa y la fina igual clasificadas. Por tanto, no hay remociones post-deposicionales ni diagenitización, lo cual corrobora que es un depósito moderno. La velocidad de la corriente, no experimentó fluctuaciones importantes y cuando se produjeron fueron efímeras y poco intensas.

LLANURA DE INUNDACIÓN (Muestra Br3)

Características generales de la muestra

COLOR: 7.5YR 4/2

ESTRUCTURA: muy débil.

CONSISTENCIA EN SECO: blanda.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: no tiene.

CONTENIDO EN RAICES: muy finas y frecuentes.

POROSIDAD: nula.

Los materiales finos que componen esta llanura de inundación se asientan sobre una antigua barra que fue colonizada por la vegetación; ésta permitió su estabilización, obstaculizando las gravas y cantos más gruesos.

Litofacies y estructura sedimentaria; Limos y arcillas, sin estructura sedimentaria. Presenta abundantes raíces y restos vegetales. Facies Fr.

Análisis de la fracción fina.

En lo que respecta a la distribución de arenas limos y arcillas, la fracción arenosa está bien representada (75%), aunque ha disminuido su presencia respecto a la Barra actual. Los limos siguen presentando porcentajes bajos 5%, mientras que las arcillas aumentan su valor (20%) siendo este el más alto de todo su grupo.

Esta muestra presenta un histograma polimodal (Fig.60), aunque con dos subpoblaciones bien diferenciadas; La primera constituida por las fracciones de arena gruesa y media donde la suma de las dos retienen 48,6% del sedimento, mientras que la segunda población, compuesta únicamente por arenas finas suponen el 51,1% del total de la muestra (Tabla 10). Solamente el tamiz de 0.125 mm. recoge el 41,3% del total de la fracción de arena fina. Por tanto, la fracción media y la fracción gruesa están escasamente representadas. Las anomalías que se detectan en el histograma y en la curva, como veremos a continuación creemos que obedecen a una mezcla de subpoblaciones arenosas. Es posible que los sedimentos más gruesos sean restos de antiguas acumulaciones de material de ladera y los más finos obedezcan a una dinámica actual más acusada.

El histograma de frecuencias conforma una curva que combina una tendencia logarítmica de aspecto sigmoidal tendida. La acumulación de este sedimento se correspondería con un momento de energía moderada, sin fluctuaciones en la velocidad del agente como verifica el valor de la kurtosis (0,91). La media (196 μ) y la mediana (404 μ) presentan valores sensiblemente distintos y la skewness (0,49) se caracteriza por presentar valores intensamente negativos; ello sugiere que este nivel ha sido removido tras su deposición. La fracción fina está mejor clasificada que la fracción gruesa.

En nuestra opinión en este depósito existen dos subpoblaciones distintas:

- la fracción gruesa que ha sido lavada y sometida a remociones intensas postdeposicionales perdiendo la mayor parte de sus elementos finos.

- La fracción media y sobre todo la fina, depositadas en condiciones hidrodinámicas diferentes. Es un acumulación libre por exceso de carga.

En resumen, este depósito es una nítida acumulación fluvial aunque parte de la arena es heredada de etapas y depósitos anteriores.

DEPÓSITO MORRÉNICO (Muestra Br2)

COLOR: 5Y 6/3

ESTRUCTURA: de débil a moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: abundante y angulosos

CONTENIDO EN RAICES: no tiene.

POROSIDAD: pocos.

Los granitos que presenta este depósito glaciario están poco rodados. Presentan una acusada alteración esferoidal observándose en algunos bloques diques de grano fino (aplititas). El material ofrece bastante matriz arenosa. Fosilizando este depósito morrénico, se encuentran formaciones coluvionares de claro origen crioclástico.

Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico (Fig.59) ofrece un claro aspecto polimodal, con distintos máximos situados en 12-16 cm. (máximo principal), 6-8 cm. y 16-24 cm. Esta diversidad de familias granulométricas, y una baja clasificación de los materiales suele ser típica de los arrastres efectuados por el hielo. Además, la mediana se sitúa en 16 cm. y el centilo en arenisca es de 47 cm. La representación de elementos de tamaño de bloques (>24cm) es bastante elevada con un 17%.

Pero lo más destacable de esta muestra es, sin ninguna duda, su naturaleza litológica: lógicamente, al tratarse de una morrena lateral al valle la presencia de granitos ha aumentado hasta un 36%, las calizas se mantienen en un 28%, mientras que las areniscas han descendido (36%).

El histograma de desgaste (Fig.59) muestra una mediana de valor moderado (153). El porcentaje de cantos con desgaste inferior a

100 no es muy elevado (18%) aunque parece advertirse un cierto accionamiento acuoso dado que algunos fragmentos (10%) presentan un desgaste superior a 250 no existiendo ningún elemento con desgaste superior a 500.

El aplanamiento muestra una mediana de 1,77. El porcentaje de materiales con aspecto cúbico y aplanamiento inferior a 1.5 es de 12 mientras que los elementos que aparecen con aplanamientos altos, superiores a 2.5, es del 30%.

Análisis de la fracción fina.

El reparto de las distintas fracciones presenta valores muy parecidos a la muestra anteriormente cementada. La fracción arenosa se mantiene igual con un 75% mientras que los limos aumentan en 2 puntos (7% en total), disminuyendo las arcillas en la misma cantidad (18%).

Presenta un histograma polimodal (Fig.60), donde no hay ningún intervalo granulométrico que supere el 20%. La fracción fina se encuentra muy bien representada acumulando el 24,28% del sedimento total (Tabla 10).

Presenta un curva logarítmica que indica acumulación de tipo glaciario posiblemente por una variación de la pendiente. La clasificación es muy mala como sugiere el índice de Trask (4,79). El valor de la kurtosis (0,77) ratifica lo que estamos diciendo (Tabla 10). La diferencia de la media y mediana junto a la presencia de una skewness (0,36) fuertemente positiva señala importantes remociones post-deposicionales. Es una acumulación forzada y mal clasificada indicando de nuevo remociones postdeposicionales y/o diagenéticas, lo que nos sugiere que, o bien estamos ante un depósito removilizado por las aguas de escorrentía o bien es una acumulación lavada que ha perdido parte de su material fino, hipótesis por la que nos inclinamos.

2.2. CONSIDERACIONES Y SÍNTESIS MORFOLÓGICA Y SEDIMENTOLÓGICA

Comentario general del material grueso.

Las muestras que integran el perfil de Broto son muy diferentes: está constituido sólo por una barra actual y una morrena ya que no se encuentran terrazas en esta zona del valle de río Ara. Lógicamente sus resultados tanto granulométricos, litológicos y morfológicos también lo son. Cada una de las muestras presentan los parámetros típicos de su medio sedimentario, por lo que no vemos necesario comparar sus resultados (Tabla 11).

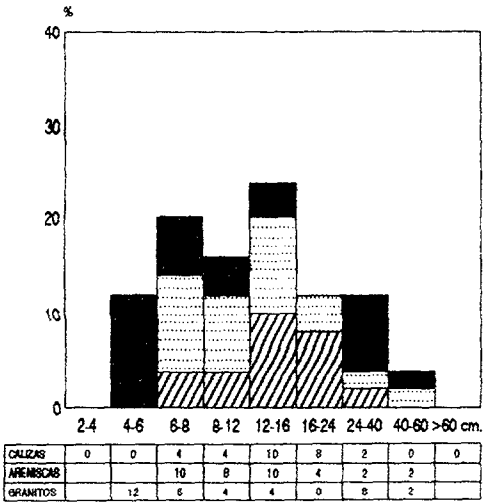
	B. Actual Br1	Morrena Br2
GRANULO.		
Md cm.	9	16
Centilo cm.	34 (Ar)	47 (Ar)
% >24	1	17
LITOLOGÍA		
% Granito	2	36
% Arenisca	85	36
% Caliza	13	28
DESGASTE		
Md	240	153
% < 100	-	18
% > 250	48	10
% > 500	6	-
APLANAMIE.		
Md cm.	2,46	1,77
% < 1.5	10	12
% > 2.5	60	30

Tabla 11 . Indices granulométricos y morfométricos.

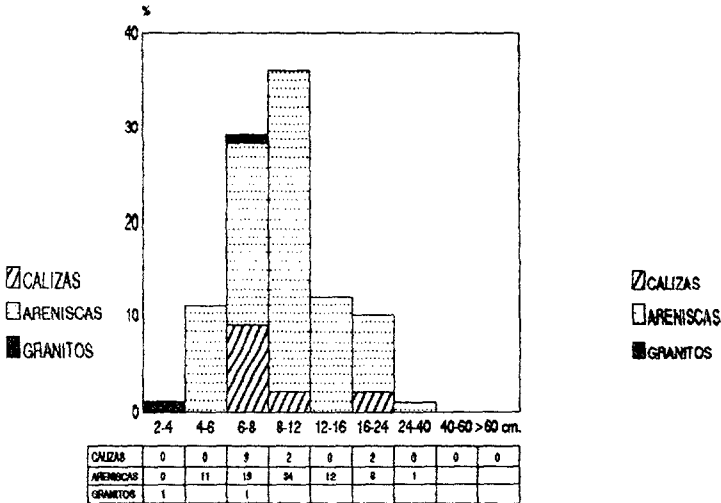
Comentario de la fracción fina.

La distribución general de arenas, limos y arcillas de los distintos depósitos de Broto, ofrecen característica similares. El porcentaje de la fracción arenosa es siempre muy elevado $78 \pm 6\%$

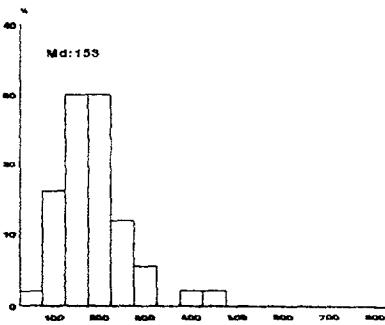
Br2 Morrena Buesa



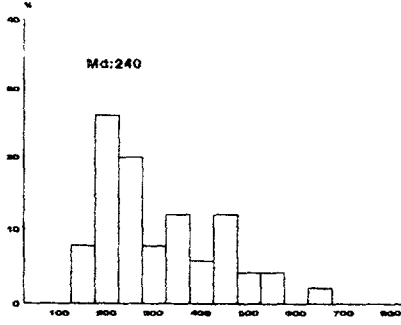
Br1 Barra Actual



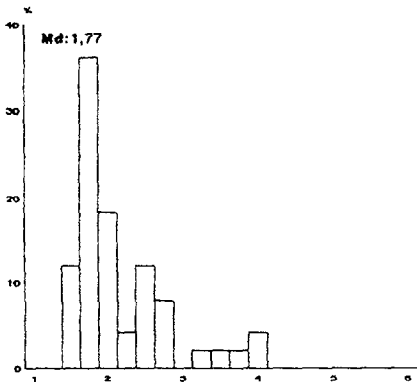
Indice de Desgaste
BROTO BR2. MORRENA BUESA



Indice de Desgaste
BROTO BR1. BARRA ACTUAL



Indice de Aplanamiento
BROTO BR2. MORRENA BUESA



Indice de Aplanamiento
BROTO BR1. BARRA ACTUAL

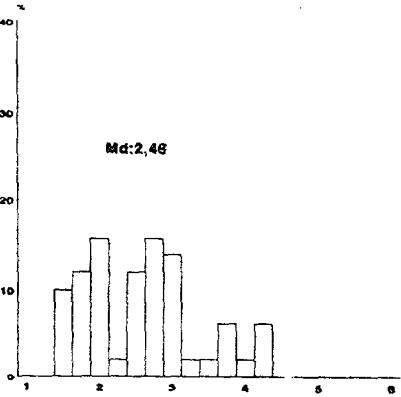


FIG. 59 HISTOGRAMAS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS, DE APLANAMIENTO Y DESGASTE

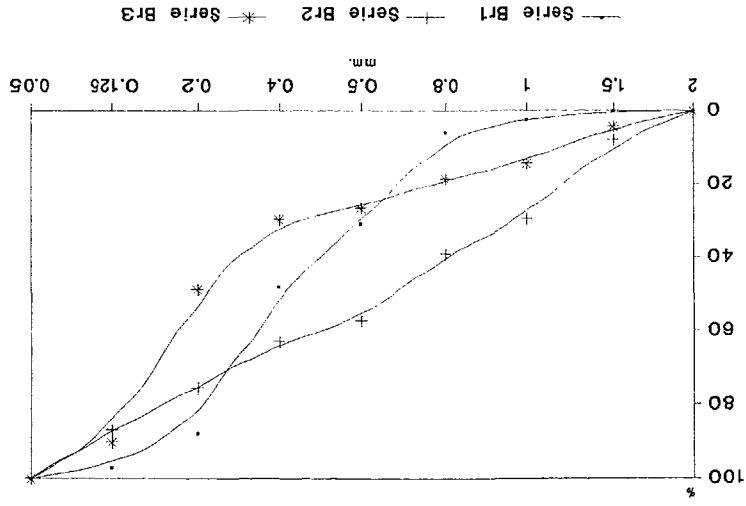
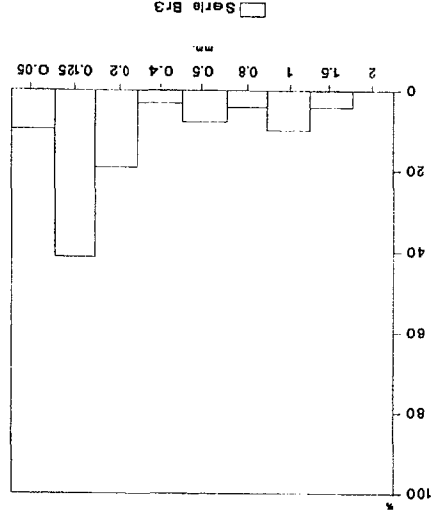
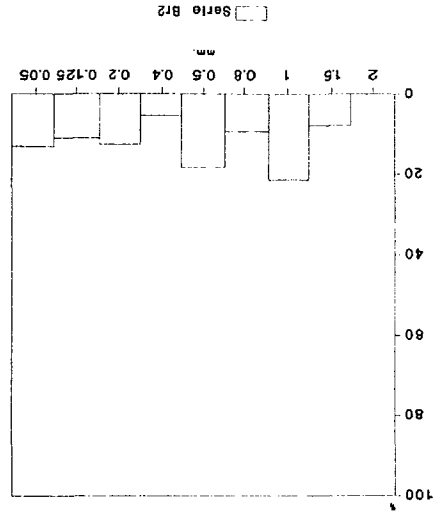
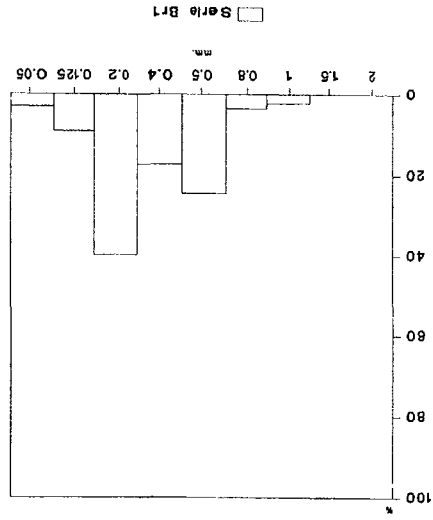


Fig. 60 . Análisis granulométrico de la fracción fina del perfil de Broto



BROTO

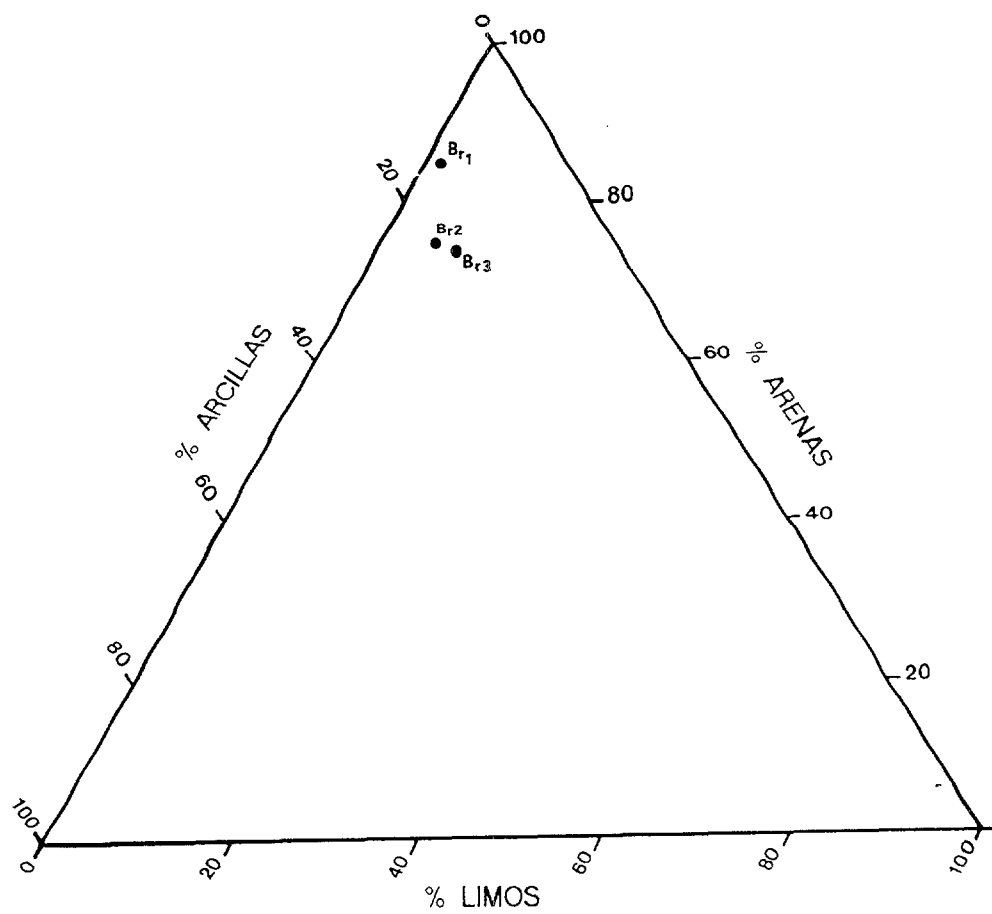


FIGURA 61 . DIAGRAMA TRIANGULAR DEL PERFIL DE BROTO

Muestra	Textura %			Parametros de la Fase Arenosa					
	Arenas Finas	Arenas Medias	Arenas Gruesas	Q50 (1)	Mz (1)	OI (2)	So (2)	SK (2)	Kg (2)
BR1	12,28	81,83	5,85	380	416	0,82	1,53	0,07	0,94
BR3	51,1	30,2	18,4	196	404	1,31	1,76	-0,49	0,91
BR2	24,28	36,76	38,9	604	665	1,47	4,79	0,36	0,77

Tabla 10 . ANALISIS SEDIMENTOLOGICO DE LA FRACCION FINA DEL PERFIL DE BROTO

(1) Unidades expresadas en micras.
(2) Unidades expresadas en phi.

(Tabla 12) mientras que la fracción limosa es la peor representada (4 ± 3) siendo sus valores los que más fluctúa de todo el perfil. El porcentaje de la arcilla es siempre muy homogéneo con valores bastante altos siempre.

El diagrama triangular (Fig.61) nos ofrece gráficamente la representación areno-arcillosa de las muestras.

MUESTRAS	Arcilla	Limo	Arena
	%	%	%
Br1 Barra Actual	14	1	85
Br3 Llan.Inundación	20	5	75
Br2 Morrena Buesa	18	7	75
Desviación Estandar	3	3	6
Media Aritmética	17	4	78
Coficiente Variación	0,17	0,70	0,07

Tabla 12 . Composición de la matriz fina.

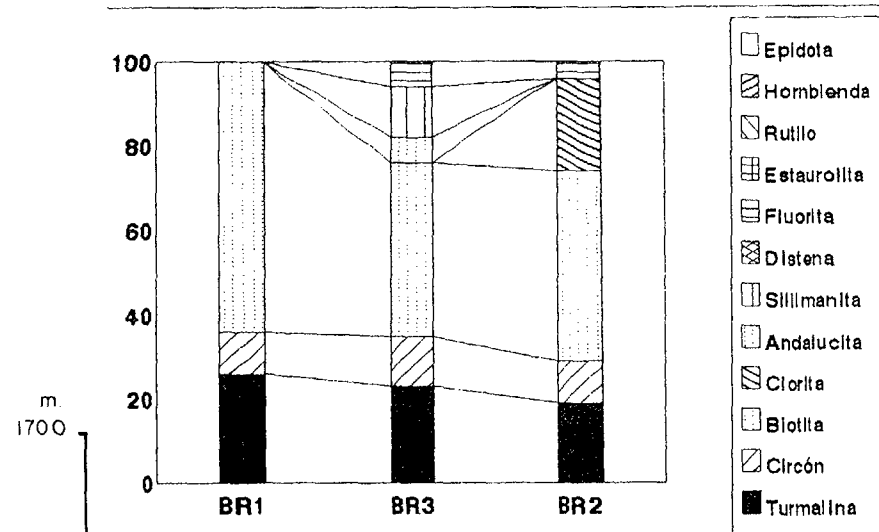
2.3. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS Y MINERALOGICAS

Las tres muestras tomadas tienen unos pH muy similares, $8.7 \pm 0,2$ (Tabla 13). Las conductividades son también parecidas $90,5 \pm 6,4 \mu\text{s/cm}$, ligeramente inferior en la llanura de inundación (Br3). El contenido de carbonatos, determinado por calcimetría, es bajo en comparación con otros conjuntos muestreados, tienen valores que superan el 35%, excepto en Br3 que no llega a 25%.

MUESTRAS	pH	Cond. Calci.	
		$\mu\text{s/cm}$	%
Br1 Barra Actual	8,8	96,0	35,6
Br3 Llan.Inundación	8,5	83,5	24,1
Br2 Morrena Buesa	8,8	92,1	39,7
Desviación Estandar	0,2	6,4	6,1
Media Aritmética	8,7	90,5	33,1
Coficiente Variación	0,01	0,07	0,24

Tabla 13. Propiedades químicas

FRACCION PESADA



FRACCION LIGERA

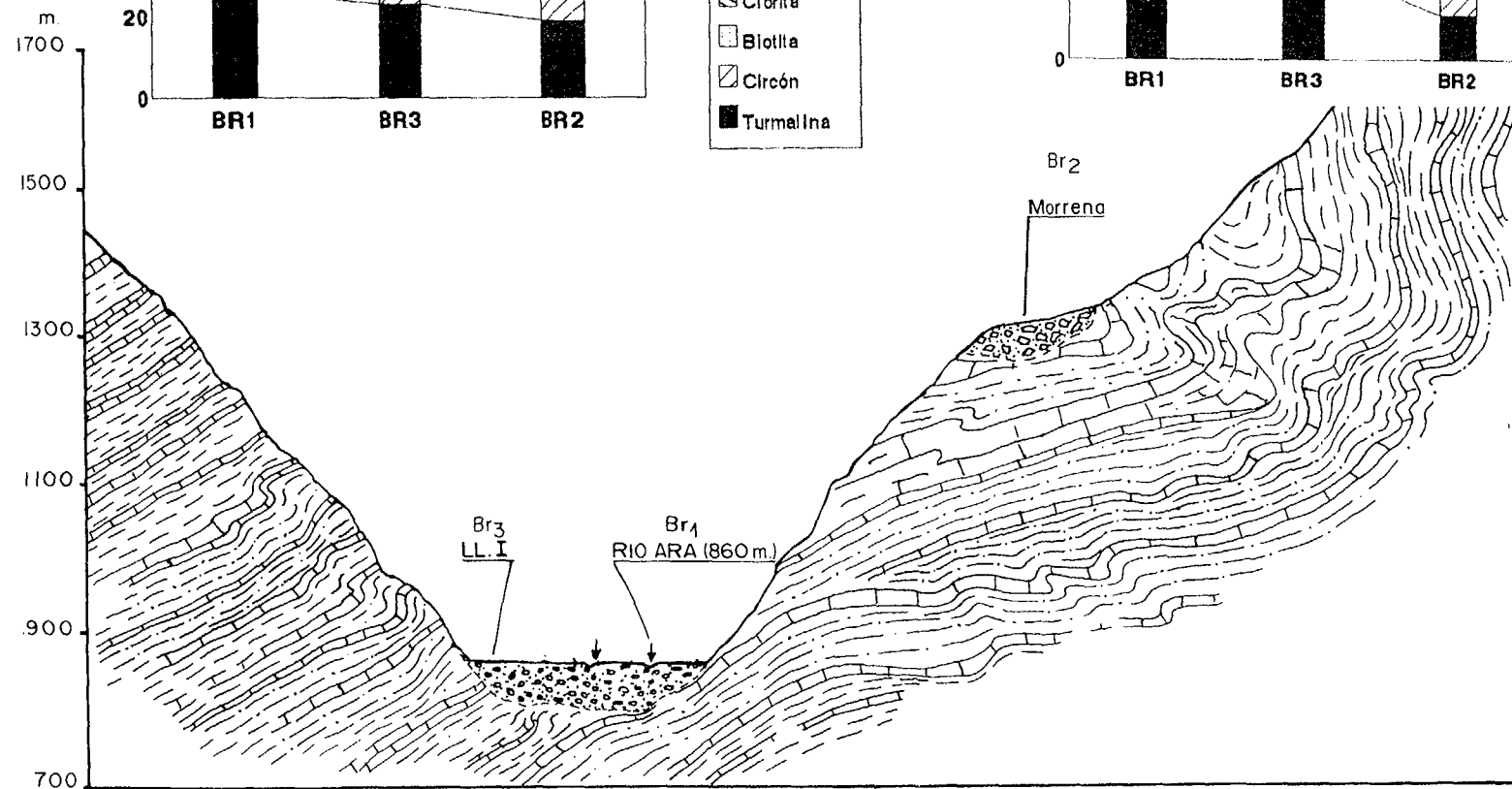
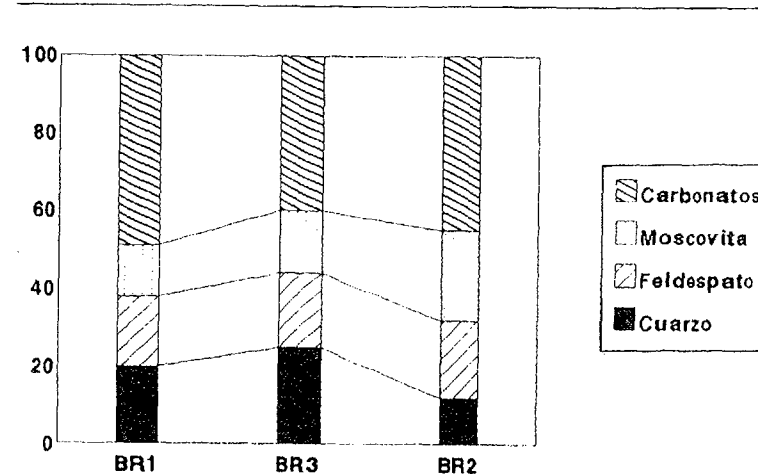


FIGURA 62 . VALLE DEL RIO ARA, PERFIL DE BROTO.

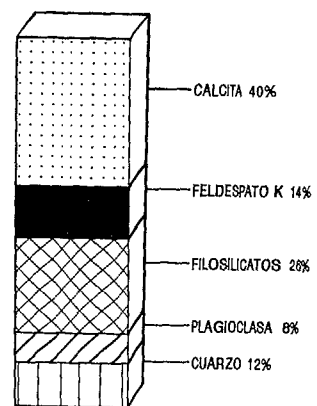
4 : 25.000

La fracción ligera de las acumulaciones, asociadas a la morrena würmiense de la margen izquierda del valle (Br2), a la llanura de inundación (Br3) y a la barra actual (Br1), ofrecen características casi idénticas en lo que respecta a su composición (Fig.62 y Tabla 15). Predominan las litologías carbonáticas (40% - 49%) a las que se incorporan porcentajes poco variables de cuarzo, feldespato y moscovita. Esta sensible homogeneidad que ofrece la composición de los datos de estas acumulaciones recientes y actuales, sugiere una procedencia muy semejante, tanto del material morrénico que fue arrastrado por los hielos würmiense, como de los arrastres actuales que efectúa el río.

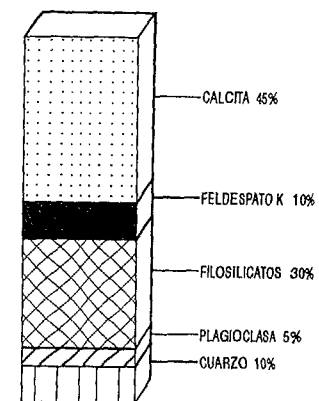
	Fr. Pesada	Fr. Ligera
Br2 Morrena Buesa	27%	73%
Br3 Llan. Inundación	12%	88%
Br1 Barra Actual	32%	68%

Tabla 14. Porcentaje de la fracción ligera y pesada

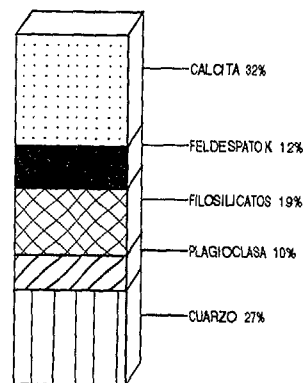
La homogeneidad detectada en la fracción ligera también vuelve a ser notoria a la hora de examinar la composición de minerales pesados (Tabla 15 y Fig.62). Las tres muestras ofrecen un nítido predominio de los minerales frágiles, como la biotita y porcentajes semejantes de turmalina y circón. Estando el rutilo en todas las acumulaciones. El porcentaje casi idéntico que ofrece la asociación de minerales más resistentes (turmalina, circón y rutilo) y los elevados contenidos en biotita, sugieren una mínima alteración tras la deposición de la morrena. Esta muestra (Br2) es la única que tiene clorita (22%), mientras que la mayor variedad mineralógica corresponde a la llanura de inundación, en la que si bien no aparece clorita, si en cambio se advierte sillimanita (mineral típico de la zona metamórfica contacto con granodiorita), fluorita y andalucita



MUESTRA TOTAL BR1



MUESTRA TOTAL BR2



MUESTRA TOTAL BR3

FIGURA 63 . HISTOGRAMA MINERALOGICO DEL PERFIL DE BROTO.

	TUR	CIR	RUT	BIO	CLO	EST	EPI	HIP	HOR	SIL	ANA	FLU	DIS	BRO	AND				
	Fracción pesada															Fracción ligera			
Br1	26	10	--	64	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	20	18	11	49
Br2	19	10	--	45	22	--	--	--	--	--	--	4	--	--	--	12	20	23	45
Br3	23	12	--	41	--	--	--	--	--	12	--	6	--	--	6	25	21	16	40
D.E.	3	1		10												5	1	5	4
M.A.	23	11		50												19	20	17	45
C.V.	0,13	0,09		0,2												0,26	0,05	0,29	0,09

Tabla 15. Composición mineralógica de la fracción ligera y pesada, expresada en %.

La mineralogía de la muestra total presenta, nuevamente, una composición parecida en carbonato, cuarzo, feldespato potásico y calco-sódico y filosilicato, estos últimos superando el 20% de total (Tabla16 y Fig.63).

Para la fracción arcilla, se repiten los tres componentes ya característicos, caolinita, illita y esmectita, junto con interestratificados illita-esmectita en todos los casos. Para la illita, las muestras Br1 (Barra actual) y Br2 (Morrena) son las que mejor cristalinidad tienen y para la esmectita, el índice de BISCAEY es mayor en Br1, lo que lleva a decir que es la mejor cristalizada de las tres muestras. No aparece en ningún caso clorita y sepiolita.

MUESTRAS	Carb.	Q	FK	F.CaNa	Anfib.	Hemat.	Filo.	K	Il	S	C	Se
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Br1 Barra Actual	40	12	14	8	-	-	26	6	86	8	0	0
Br3 Llan.Inundación	32	27	12	10	-	-	19	15	71	14	0	0
Br2 Morrena Buesa	45	10	10	5	-	-	30	2	88	10	0	0
Desviación Estandar	7	9	2	3	0,0	0,0	6	7	9	3	0	0
Media Aritmética	39	16	12	8	0,0	0,0	25	8	82	11	0	0
Coficiente Variación	0,17	0,57	0,17	0,33	0,00	0,00	0,22	0,87	0,11	0,28	0,00	0,00

Tabla 16. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas con sus parámetros estadísticos.

La composición química proporciona para el Al₂O₃ contenidos más bajos que en otras secuencias y todos con valores muy similares, 15,19 ± 0,10% (Tabla 17). El TiO₂ es de distribución muy regular

posiblemente superando también a los valores de otras series. Para el K_2O la concentración se sitúa en $1,25 \pm 0,06\%$ siendo más dispar para Na_2O $15,30 \pm 33\%$, en donde Br2 toma el menor valor $12,94\%$, contraponiéndose al MgO , donde esta toma adquiere la mayor concentración. El CaO es similar en las muestras Br1 y Br3 siendo menor en Br2. La cantidad de Fe_2O_3 con es baja en comparación con otras zonas muestreadas, situándose la concentración en $2,16 \pm 0,33\%$, siendo el único perfil que superan los óxidos amorfos $10 \pm 3\%$ a los cristalinos $5 \pm 1\%$. Lo mismo sucede para el MnO con valores similares.

MUESTRAS	Fe_2O_3 %	CaO %	MgO %	Na_2O %	K_2O %	TiO_2 %	MnO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %
Br1 Barra Actual	1,80	4,97	0,84	17,61	1,31	0,20	0,01	15,10	58,17
Br3 Llan.Inundación	2,24	5,00	0,96	15,37	1,19	0,16	0,01	15,30	59,80
Br2 Morrena Buesa	2,44	3,83	1,52	12,94	1,27	0,15	0,02	15,17	62,66
Desviación Estandar	0,33	0,67	0,36	2,33	0,06	0,03	0,01	0,10	2,27
Media Aritmética	2,16	4,60	1,10	15,30	1,25	0,17	0,01	15,19	60,21
Coefficiente Variación	0,15	0,14	0,32	0,15	0,04	0,17	0,33	0,01	0,03

Tabla 17. Composición química de elementos mayoritarios y sus parámetros estadísticos.

En los oligoelementos merecen especial atención el plomo para Br1 con 7 ppm y cromo en todas las muestras 7 ± 2 ppm (Tabla 18); el cobre tiene un valor bajo, siendo igual en Br1 y Br3, con valor superior en Br2 coincidiendo también en la concentración de cinc más elevada con 528 ppm y con valores altos para las otras dos y muy parecidos, 350 ppm.

MUESTRAS	Pb ppm	Cu ppm	Zn ppm	Cr ppm	Ni ppm	Zr ppm
Br1 Barra Actual	7	9	336	5	<5	8
Br3 Llan.Inundación	<5	10	397	8	<5	8
Br2 Morrena Buesa	<5	13	528	8	5	7,5
Desviación Estandar	1	2	98	2	0	0,3
Media Aritmética	5	11	420	7	5	7,8
Coefficiente Variación	0,27	0,19	0,23	0,25	0,06	0,03

Tabla 18 . Composición química de oligoelementos.

3. PERFIL DE FISCAL

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

Este perfil ha sido realizado en el tramo de valle comprendido entre Fiscal y San Juste. La figura 64 ofrece una visión de síntesis del conjunto de las terrazas y aterrazamientos del río Ara, existiendo una escasa continuidad lateral, además en sus vertientes aparecen numerosos conos encajados unos en otros y localizados a la salida de barrancos de fuerte pendiente longitudinal. Se trata pues del primer sector del valle aguas abajo de Broto caracterizado por una cierta amplitud que ha permitido la sedimentación y conservación de sus antiguos niveles fluviales.

Cronológicamente, las acumulaciones más antiguas de este sector del valle no se corresponden con aluvionamientos arrastrados por el río Ara; sino que, se asocian a conos situados en su margen derecha. Estos se ubican en un cono a +130-140 m. sobre el cauce del río y otro encajado por debajo de él, cuyo techo se sitúa a +55-60 m. y sirve de emplazamiento a la localidad de Borrastre. El primer nivel perteneciente al río Ara se vincula a una terraza +35-40 m. cuya plana morfología destaca a lo largo del valle y que sirve de asiento también a la localidad de San Juste. Más abajo y como una terraza escalonada por debajo de la anterior, se dispone el nivel +8-12 m., visible en ambas márgenes, aunque su techo se encuentra fosilizado en numerosos puntos por conos de notable espesor como el que se advierte en el pueblo de Fiscal. Por último, el lecho actual del río Ara se ubica a unos 700 m. de altura; el aluvionamiento en este punto es muy pequeño, de sólo un metro, según la información facilitada por el Ministerio de Obras Públicas.

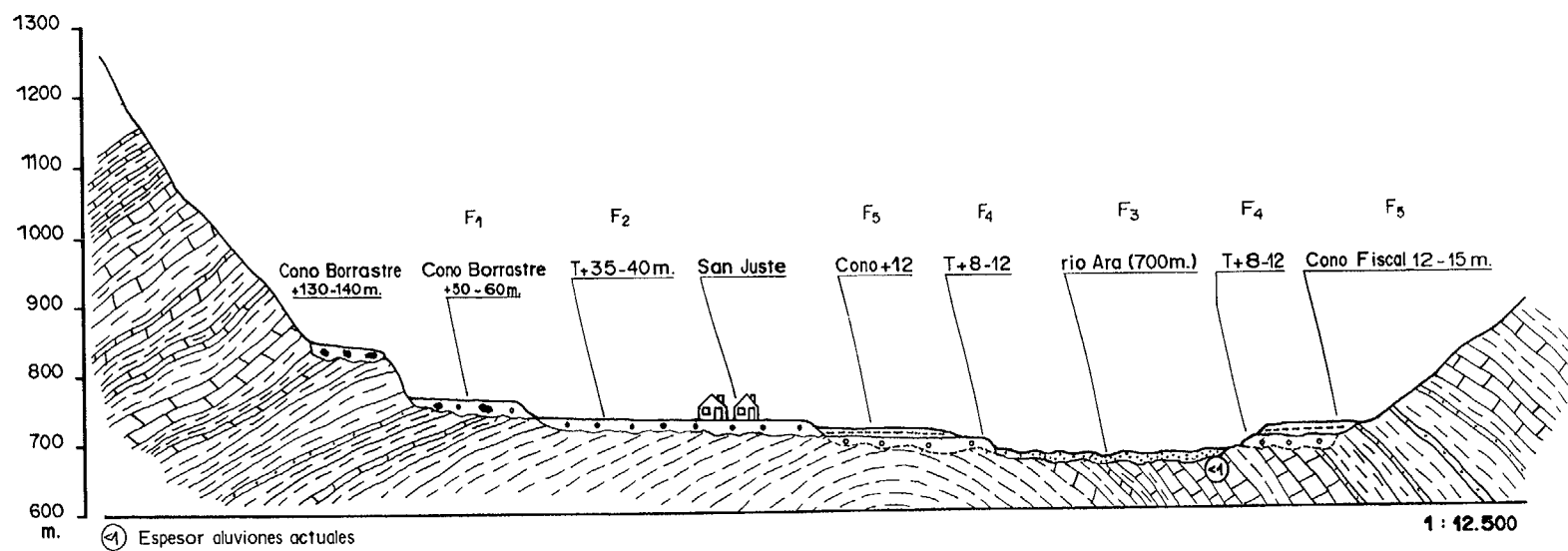


FIG. 6 4 CORTE - MORFOLOGICO DE SINTESIS SECTOR DE FISCAL - SAN JUSTE

3.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES

BARRA ACTUAL (Muestra F3)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 4/1

ESTRUCTURA: sin estructura.

CONSISTENCIA EN SECO: suelto, sin coherencia.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: nulo.

CONTENIDO EN RAICES: nulo.

POROSIDAD: nula.

El canal del río discurre serpenteando por un conjunto de barras, en general, bastante alargadas y cuyo espesor no sobrepasa el metro; como sugiere la existencia de algunos afloramientos de flysch que asoman en el propio lecho del río. La anchura del cauce es variable y oscila entre los 120 y 250 m.

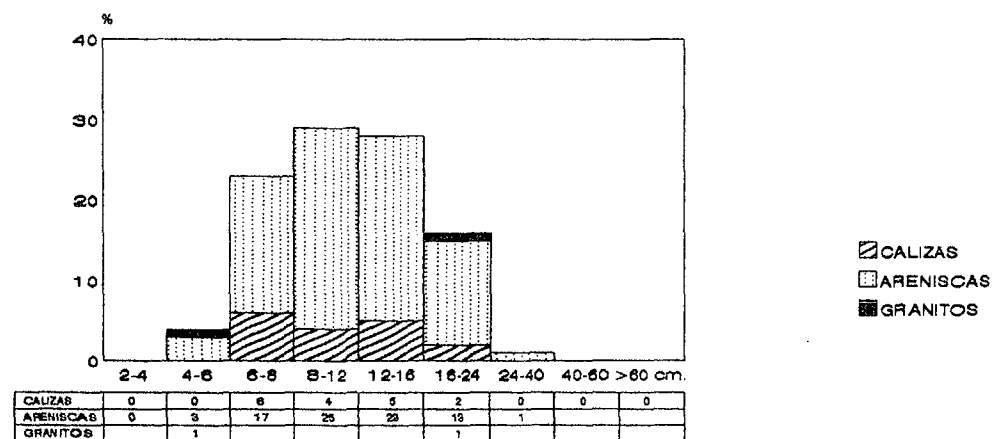
Litofacies y estructura sedimentaria; Gravass masivas con estratificación horizontal. Facies Gm.

Análisis de la fracción gruesa.

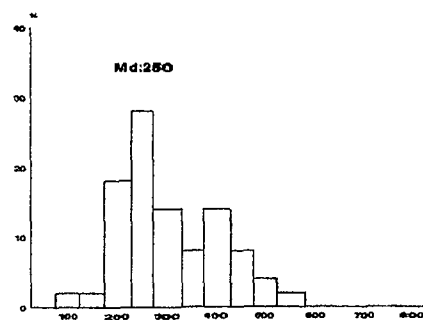
Desde el punto de vista del histograma granulométrico (Fig 65) los aluviones están bien seleccionados. El histograma es algo corto finalizando en el intervalo de bloques pequeños, con un escasísimo porcentaje (1%) de elementos clasificados entre 24 a 40 cm. El histograma es unimodal situándose el máximo en 8-12 cm. y una mediana de 12 cm. El centilo alcanza un tamaño pequeño, 30 cm. en arenisca. Se trata pues de arrastres relativamente bien seleccionados.

Respecto a la litología son las areniscas el material predominante con 81% sobre la muestra total. Le sigue las calizas representadas con un 17% y por último, los granitos caracterizando un aporte longitudinal, muy escaso, con sólo un 2%.

F3 Barra Actual



Indice de Degrado
FISCAL F3. BARRA ACTUAL



Indice de Aplanamiento
FISCAL F3. BARRA ACTUAL

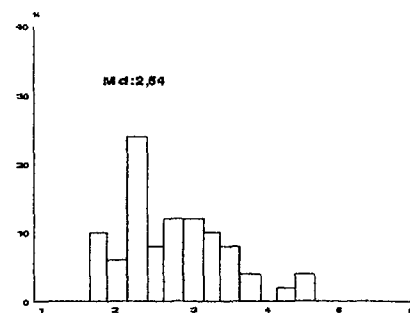


FIG. 65 RASGOS LITOLOGICOS, GRANULOMETRICOS Y MORFOMETRICOS.

El histograma de desgaste es bimodal (Fig 65), con un máximo principal situado entre 250-300 y un segundo máximo en 350-400. La mediana (250) indica la presencia de elementos bien redondeados y el primer máximo denunciaría la existencia de los aportes relativamente cercanos y el secundario sería el que detecta, los de procedencia longitudinales.

El porcentaje de material con desgaste nulo y, en este caso, de procedencia casi directa de las laderas es muy escaso (2%); por el contrario, los elementos con un desgaste notable, superior a 250 es de 52%. Los cantos indicativos de elevada torrencialidad, es decir superior a 500, alcanzan el valor de 2%.

En cuanto al aplanamiento (Fig.65) muestra la existencia de numerosas familias de calizas de diversa procedencia, donde cada una de ellas va a tener un aplanamiento diferente. Se trata pues de un histograma relativamente alargado. La mediana (2,54), típica de litología caliza, siendo muy significativo que no exista ningún material con aplanamiento inferior 1,5; por el contrario, los aplanamientos que caracterizan las litologías calizas son los que actúan y motivan la existencia que un 40% de los materiales de este depósito tengan aplanamientos superiores a 2,5.

Análisis de la fracción fina.

Respecto a la distribución de arenas, limos y arcillas, la barra actual ostenta el valor más alto de fracción gruesa, de todo el perfil (88%) mientras que los limos (como muestra el diagrama triangular de la Fig.71) casi son inexistentes (1%). El porcentaje de arcillas es moderadamente bajo (10%).

Esta muestra presenta un histograma trimodal (Fig.72), con importantes retenciones en la fracción fina, observándose un máximo en el intervalo 0,2 mm. de (35,17%) y un máximo secundario en las arenas medias, con el 25,37% del total analizado. Todos los tamices presentan

retenciones importantes aunque la mayoría del sedimento aparece en las fracciones más gruesas, sobre todo en la arena media que retiene un 77,12% del total de la muestra.

La curva es hiperbólica de tipo sigmoidal, moderadamente tendida lo que significa que la acumulación se ha producido en parte por exceso de carga. Apenas se han producido fluctuaciones en la velocidad de la corriente como indica una kurtosis de 0,95 (Tabla 19). La curva es simétrica con idéntica clasificación de todos sus integrantes siendo ésta pobre como corresponde a un medio fluvial.

3.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

TERRAZA +8-12m Margen Izquierda (Muestra F4)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10 YR 5/4

ESTRUCTURA: moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: escasos y redondeados.

CONTENIDO EN RAICES: nulo.

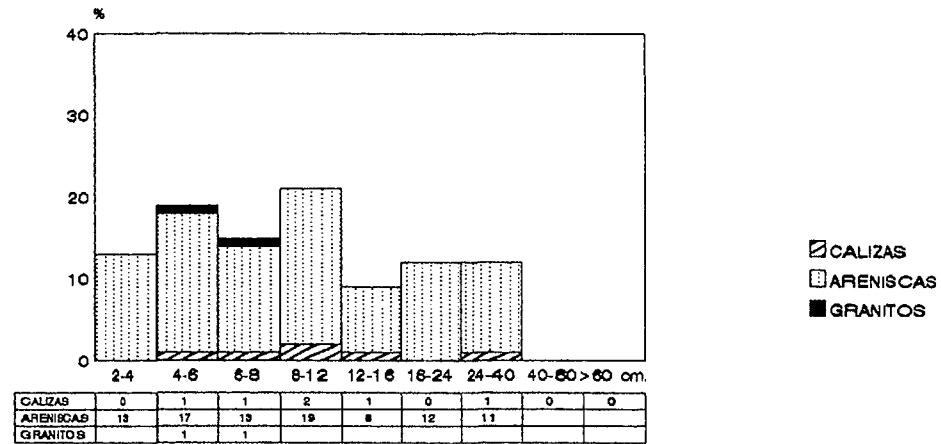
POROSIDAD: muy poca.

Esta terraza tiene unos 4 m de espesor. El material es muy heterométrico y con poca matriz fina.

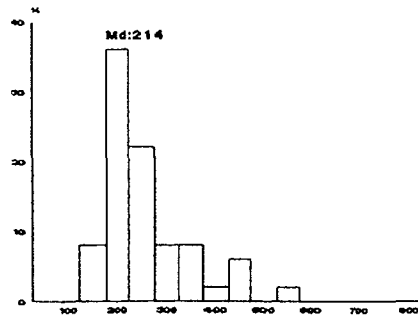
Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico es del tipo polimodal con distintos máximos situados en los siguientes intervalos: 8-12 (principal), 4-6, 16-24 y de 24-40 cm. (Fig.66). La mediana de este depósito es 13 cm. alcanzando el centilo 200 cm. un valor bastante alto en litología areniscosa. El histograma muestra una serie de elementos poco clasificados tratándose, posiblemente, de un arrastre asociado a una fuerte pulsación de corriente, dado que no existe apenas clasificación del material y la disposición de los elementos es

F4 terraza 8-12m.



Indice de Desgaste
FISCAL F4. TERRAZA 8-12m M.I.



Indice de Aplanamiento
FISCAL F4. TERRAZA 8-12m M.I.

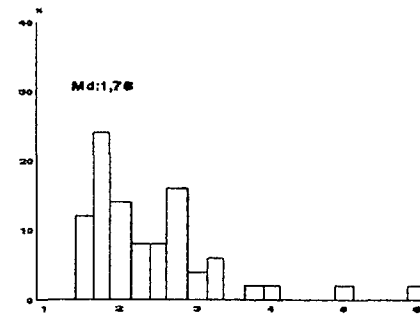


FIG. 66 RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

totalmente caótica dentro de la masa aluvial. Todos los intervalos granulométricos tienen porcentajes muy semejantes en su representación. Por otro lado, el porcentaje de cantos superior a 24 cm, es decir de tamaño superior a bloques, es muy abundante (24%), lo cual vuelve a indicar la posibilidad de que estas fuertes pulsaciones de corrientes sean la causa generadora de este aluvionamiento.

El material fundamental que compone esta terraza sigue siendo (como en todo el perfil de Fiscal) las areniscas con un 93%, mientras que el porcentaje de calizas es de un 6% y el de granitos de 1%. Estos últimos como siempre ocupando las posiciones granulométricas más pequeñas como corresponde a un aporte de tipo longitudinal.

El histograma de desgaste (Fig.66) muestra un máximo principal situado entre 150-200 y un máximo mucho más reducido en el intervalo de 400-500. De nuevo esta situación denota dos tipos de procedencia: uno de origen cercano (los menos desgastados), y otros que provienen de zonas más alejadas. En cuanto a la representación de materiales no desgastados menor a 100 no existe ninguno, con lo cual la influencia de las laderas en este caso es escasa, acentuándose más en los desgastes superiores a 250 con un 36%. Los porcentajes superiores a 500 que indican fuerte torrencialidad son muy moderados con un 2%.

El histograma de aplanamiento (Fig.66) denuncia las características texturales típicas de las litologías calizas. El máximo principal se sitúa en el umbral 1,75-2,00 y la mediana es de 1,76. No existe representación de los elementos de aspecto cúbico siendo muy significativos, por el contrario, los materiales que presentan un mayor aplanamiento, es decir superior a 2,5 con un 42%.

Análisis de la fracción fina.

En la matriz fina de esta terraza, están bien representadas las distintas fracciones granulométricas de arenas, limos y arcillas.

El porcentaje de la fracción arena es del 64%. Los limos son abundantes (15%) situándose por encima de la media del perfil (12%) y el material arcilloso está bien representado (21%).

Ofrece un histograma polimodal (Fig.72) con un máximo de sedimento en arenas gruesas sobre todo en el tamiz de 1 mm. que alcanza un 28,9% y el tamiz 1,5 mm. con un 16,60% sobre el total de la fracción arenosa. También existe un máximo secundario situado en las arenas medias.

La curva es claramente parabólica (Fig.72). Indica un sedimentación forzada predominando la deposición de la fracción arenosa gruesa, mientras que existe un déficit de finos que probablemente han sido lavados. La skewness (Tabla 19) es positiva (0,51) lo que sugiere que los elementos finos están mejor clasificados y se depositan de forma menos condicionada que los de mayor tamaño (corroborando la sedimentación forzada de los materiales más gruesos). La kurtosis (1,02) indica que no existe ningún tipo de fluctuaciones de la velocidad del agente durante la deposición. La clasificación es pobre y las fuertes diferencias entre media y mediana junto con una skewness fuertemente positiva nos sugieren remociones postdeposicionales que pueden explicar la falta de algunos elementos en el depósito.

CONO +12-15m. Margen Izquierda (Muestra F5)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 6/4

ESTRUCTURA: débil

CONSISTENCIA EN SECO: suelto.

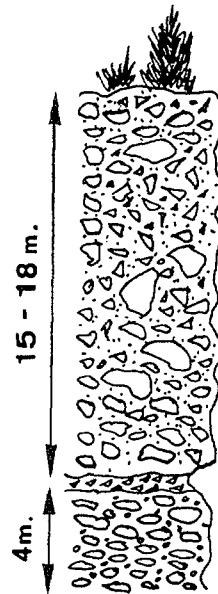
CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: abundantes y angulosos.

CONTENIDO EN RAICES: bastante finas y medias.

POROSIDAD: nula.

Como hemos dicho anteriormente este cono fosiliza a la anterior terraza +8-12 m. El contacto entre ambas se produce mediante una discordancia erosiva con material muy homométrico y fino de 0,5 m. de espesor (y con aspecto de Grezès Litées) (Fig.67); por otra parte, el coluvión presenta un espesor entre 15 y 18 m. con material muy aristado y matriz bastante arenosa.



Litofacies y estructura sedimentaria; El coluvión no presenta ninguna estructura sedimentaria, está compuesto por gravas masivas con textura de "matrix support" por lo clasificamos como facies Gms. En los últimos 4 m. de la columna estratigráfica (fig.) se distingue una mayor estratificación de las gravas. Facies Gm.

Análisis de la fracción gruesa.

Este cono desde el punto de vista granulométrico presenta homogeneidad, con un único máximo situado en el umbral de 6-8 cm. con un 34%. No existen materiales superiores a 24 cm. por lo que la ausencia de bloques denuncia una dinámica de arrastre poco eficaz y enérgica. La mediana es de 8 cm y el centilo es de 76 cm. sobre litología areniscosa (Fig.68).

Desde el punto de vista litológico se advierten aportes en su mayor parte formados por areniscas (91%) y el resto por calizas con un 9%.

El histograma de desgaste indica un material escasamente evolucionado, como demuestra una mediana de valor muy bajo, (fig.) dentro de la categoría de cantos con nulo desgaste (Md Id = 95) y posiblemente con neta influencia a partir de los aportes de ladera. Es muy significativa la corta base que muestra el histograma de desgaste,

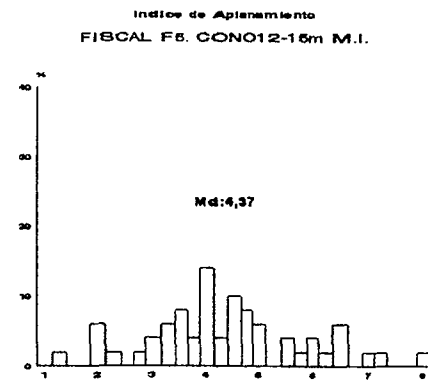
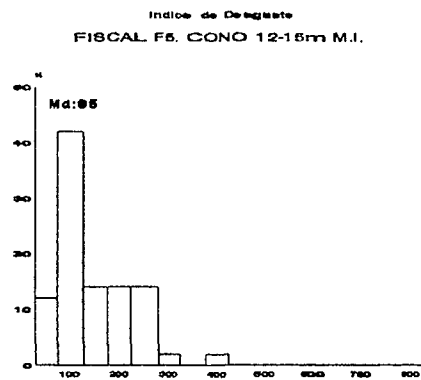
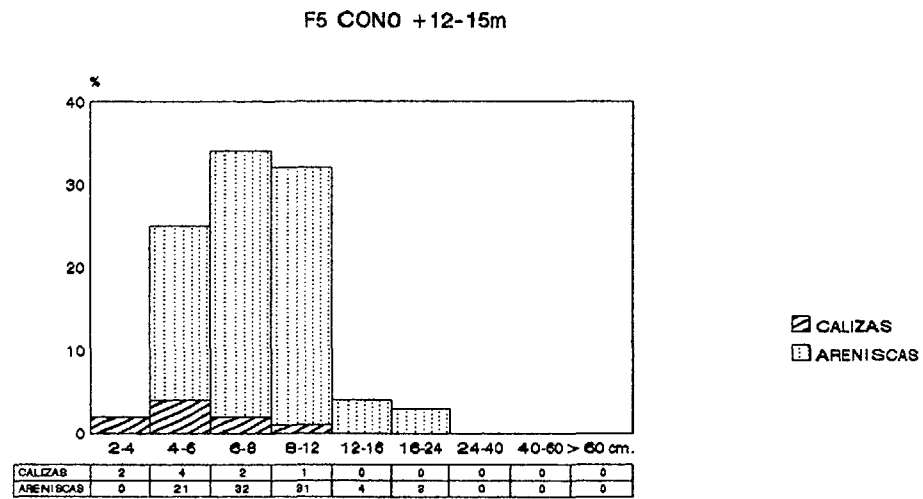


FIG. 68 RASGOS LITOLOGICOS, GRANULOMETRICOS Y MORFOMETRICOS.

así como el hecho de que el material con valor inferior a 100 sea del 56% (Fig.68). Igualmente son muy escasos (4%) los porcentajes de cantos que sus aristas están bien redondeadas (desgaste superior a 250). No hay ningún elemento con desgaste superior a 500, corroborando por tanto una débil dinámica. El histograma es unimodal lo cual sugiere que todos los elementos tienen una misma procedencia dentro de su cuenca vertiente.

Desde el punto de vista de los aplanamiento (fig.), estos indican la existencia de una retoma a partir de materiales coluvionares, con un histograma en litologías calizas muy aplanado y con una variada distribución polimodal (Fig.68). El máximo principal no alcanza el 20% y múltiples máximos distribuidos a lo largo de todo el desarrollo de aquel. Muy significativo también es el valor de la mediana (4,37) uno de los mejores testigos para mostrar que está acumulación incorpora gelifractos a partir de las capas eocenas aflorantes en las laderas del valle. El porcentaje de material con aplanamiento inferior a 1,5 es de 2%; en lo que respecta a los materiales muy aplanados, por encima del umbral de 2,5, estos son muy cuantiosos 60%.

Análisis de la fracción fina.

La distribución de arenas, limos y arcillas de este depósito se enmarca dentro del esquema característico general del río Ara; donde la fracción arena es siempre la predominante (71%), seguido de un porcentaje moderado de arcillas (20%) y una representación modesta de limos (9%). La Fig. 71 es un buen ejemplo de esta clasificación situándose a la muestra en el centro del diagrama.

Esta muestra presenta un histograma trimodal con un máximo bastante acusado en el tamiz 0,8 mm. (49,57%) y en los dos inmediatamente anteriores en las que predomina la fracción arena gruesa sobre la arena media y fina (Fig.72).

La curva es hiperbólica, de tipo sigmoidal lo que sugiere una acumulación semiforzada con materiales relativamente poco evolucionados. Hay predominio del lavado sobre la decantación traduciendo en un déficit de finos. La talla media del sedimento (Tabla 19) no es demasiado alta (315 μ). La clasificación es pobre y la curva es simétrica ya que muestra una idéntica clasificación de todos sus integrantes. La kurtosis (1,04) indica que no se han producido fluctuaciones en la velocidad del agente. No se detectan procesos diagenéticos ni remociones post-deposicionales que haya alterado las primitivas características del sedimento.

TERRAZA +35-40m Margen Derecha (Muestra F2)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 5/4

ESTRUCTURA: moderada-fuerte.

CONSISTENCIA EN SECO: muy duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: muy escasos y pequeños.

CONTENIDO EN RAICES: muy escasas.

POROSIDAD: pocos e incluso muy pocos.

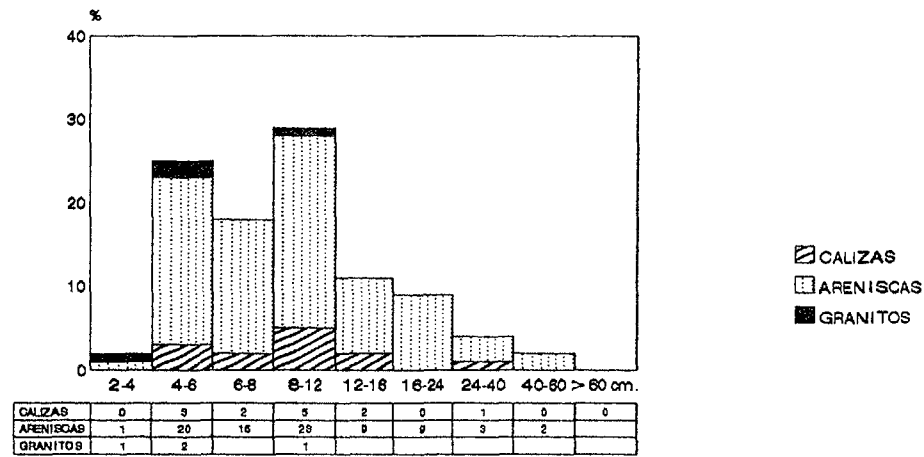
El material de esta terraza se caracteriza por una gran heterometría abundando los cantos de gran tamaño incluso los bloques. Los granitos son también de grandes dimensiones aunque están totalmente alterados. En todo el depósito la matriz arenosa es escasa.

Litofacies y estructura sedimentaria; gravas masivas sin apenas estratificar. Facies Gm.

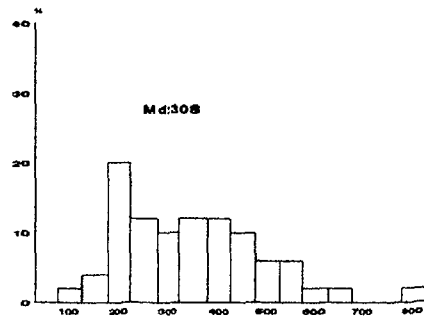
Análisis de la fracción gruesa.

Esta terraza desde el punto de vista granulométrico denuncia una mayor accionamiento de los transportes dado que presenta un histograma muy largo con abundantes elementos de grosor bien caracterizado (Fig.69). Se advierten varias familias, la mejor representada corresponde a los cantos medios (8-12 cm.), el segundo

F2 Terraza 35-40m.



Indice de Degradación
FISCAL F2. TERRAZA 35-40m M.D.



Indice de Apilamiento
FISCAL F2. TERRAZA 35-40m M.D.

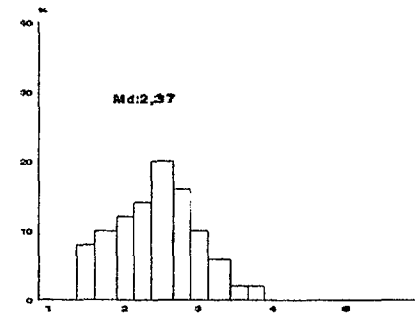


FIG. 69 RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

máximo se sitúa en los cantos pequeños (4-6 cm.). El valor de la mediana es de 9 cm. y el centilo 70 cm. en arenisca. El número de bloques es algo significativo dado que un 6% del material sobrepasa la longitud de 24 cm.

Respecto a la litología vuelve a advertirse un predominio claro de las formaciones areniscosas (83%) en detrimento de las formaciones calizas (con un 13%). El material de naturaleza granítica representa un 4% y es el testimonio de aportes longitudinales. De nuevo, la mayor parte del material granítico se ubica en los tamaños inferiores de 8-12 cm.

El histograma de desgaste (Fig.69) vuelve a mostrar lo ya comentado anteriormente en la granulometría. A unos importantes y competentes arrastres le corresponden también un notable grado de desgaste en casi todos los materiales. Quiere esto decir que en estas litologías calizas existe muy escaso porcentaje de materiales laterales y aquellos que hallan conseguido llegar al fondo del valle han sido rápidamente modificados como consecuencia de los transportes de carga en el fondo del cauce. La mediana es la más alta de todo el perfil 308 cm. lo que indica una elevada torrencialidad. Esta es la responsable de que algunos fragmentos, con desgaste inferior a 100, hayan sido afectados por roturas durante el transporte debido a los choque entre los elementos gruesos. El histograma es muy alargado con un porcentaje de cantos con desgaste superior a 250 muy significativo (72%) y elevado número de elementos con desgaste superior a 500 (12%) sugiriendo de nuevo la idea anterior.

El aplanamiento (Fig.69) muestra una base menos desarrollada que el resto de los histogramas del perfil, con un sólo máximo situado entre 2,50-2,75 y una mediana de 2,37. El porcentaje de cantos con aplanamiento inferior a 1,5 es de 8% mientras que los aplanamientos superiores a 2,5 es de 56% lo cual vuelve a ser el carácter típico de litologías eminentemente calizas. Sin embargo, en este histograma se advierte las características torrenciales que ha denunciado el análisis granulométrico aunque no existe aplanamiento superior a 3,75

lo cual indica una eliminación de todo el material pequeño como consecuencia del choque y de la torrencialidad.

Análisis de la fracción fina.

Desde el punto de vista de la distribución de arenas, limos y arcillas esta terraza presenta todas las fracciones muy repartidas. La fracción arenosa sólo alcanza un 51% (el valor más bajo de todo el perfil de Fiscal). Pero lo más sobresaliente de este depósito es el altísimo porcentaje de limos (27%) llegando a ser el valor más alto, no sólo de este perfil, sino de todos los efectuados a lo largo del río Ara. La fracción arcillosa aunque bien representada no llega a ser tan significativa como la anterior (23%) (Fig.71).

Esta terraza presenta un histograma bimodal (Fig.72) con un máximo en la fracción gruesa del 23,6% y un máximo secundario en las arenas medias, suponiendo éste el total de la fracción arenosa.

La curva es parabólica lo que nos sugiere una sedimentación forzada. No han existido fluctuaciones en la velocidad de la corriente. La asimetría es positiva lo cual revela una mayor presencia de la fracción fina, aunque ésta es moderada. Hay importantes diferencias entre la media y la mediana sugiriendo remociones post-deposicionales y/o procesos diagenéticos.

CONO +50-60m. Margen Derecha (Muestra F1)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 6/6

ESTRUCTURA: moderada-fuerte.

CONSISTENCIA EN SECO: muy duro.

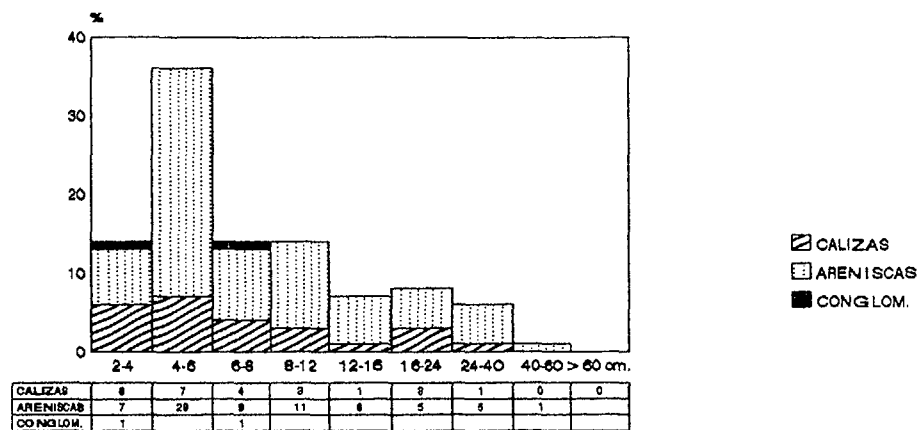
CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: casi no tiene.

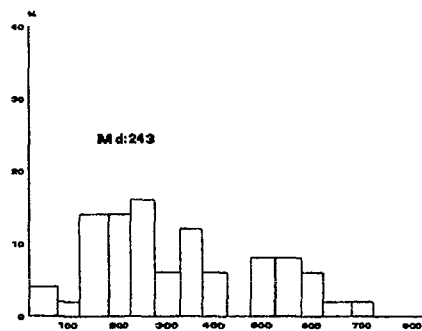
CONTENIDO EN RAICES: nulo.

POROSIDAD: poca.

F1 Cono +50-60m



Indice de Desgaste
FISCAL F1. CONO 50-60m M.D.



Indice de Aplanamiento
FISCAL F1. CONO 50-60m M.D.

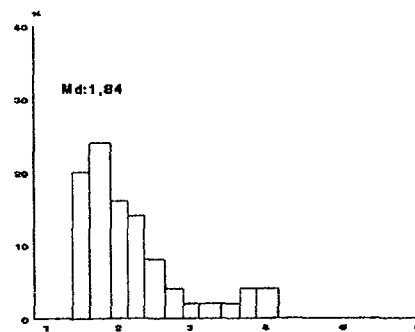


FIG. 70 RASGOS LITOLOGICOS, GRANULOMETRICOS Y MORFOMETRICOS.

El espesor visible de este cono es de unos 15 m. visibles. Es quizás uno de los testigos (junto a la terraza +35-40 m.) de mayor competencia que puede advertirse en este sector del valle dado que en él llama la atención, sobre todo, los enormes bloques que se encuentran sobre el techo de esta acumulación, llegando a medir incluso hasta 3 m. de diámetro, lo que demuestra el valor que la fuerte pendiente y la torrencialidad han tenido estas cuencas.

Análisis de la fracción gruesa.

A pesar de lo anteriormente dicho, el histograma granulométrico presenta una cierta selección del material, ya que tiene un máximo muy destacado en la fracción de cantos pequeños (4-6 cm.). La mediana ofrece un valor de 6,5 pero la torrencialidad queda de manifiesto cuando observamos el histograma (Fig.70), con una forma muy alargada y donde aparecen materiales que presentan longitudes cercanas a los 60 cm. El porcentaje de elementos con tamaño de bloque es decir, por encima de 24 cm. es un 6%. El centilo alcanza el valor de 70 cm. en arenisca.

La litología es típica del dominio de las laderas con un elevado porcentaje de areniscas (73%), moderado en calizas (25%) y únicamente testimonial en los conglomerados (2%). De nuevo la ausencia de material granítico evidencia un aporte puramente lateral.

En cuanto al desgaste (Fig.70) este cono antiguo presenta notables diferencias respecto al Cono 12-15 m. La dinámica torrencial es mucho más acusada como demuestra un histograma bastante más alargado y con porcentajes elevados por encima de 250 (68%) y de 500 (18%). Los elementos poco desgastados son escasos, tan sólo un 6%, en buena parte vinculados a roturas durante el proceso de transporte.

El histograma de aplanamiento (Fig.70) vuelve a mostrar características torrenciales como ya hemos advertido en la granulometría y en el desgaste. La torrencialidad aplicada a estas calizas motivan que el histograma sea relativamente corto, con un

máximo en 1,75-2,00. La mediana es muy baja 1,84 y el porcentaje de material aplanado, situado por encima de 2,5 es de un 26%.

Análisis de la fracción fina.

En el reparto de las distintas fracciones granulométricas (arcillas, limos y arenas), el material más abundante es la arena (69%); los limos son escasos (6%), mientras que las arcillas registran el porcentaje más alto de todo el perfil de Fiscal (25%) (Fig.71).

El histograma de esta muestra (Fig.72) corresponde al tipo trimodal. En todos los tamices hay acumulaciones de sedimento superando únicamente el tamiz de 1 mm. el 20%. Tanto la fracción granulométrica más gruesa, como la fina presentan porcentajes similares aunque con distinto grado de clasificación.

La curva es parabólica típica de sedimentación forzada, predominando el lavado sobre la decantación. La kurtosis (0,72) revela que el medio presenta fuertes oscilaciones en la velocidad de la corriente durante la deposición hacia valores más bajos de lo normal. La skewness es fuertemente positiva (Tabla 19) lo que nos sugiere que la fracción fina está mejor clasificada que la fracción gruesa. La clasificación es mala como indica el elevado valor del índice de Trask (4,69). Existe una fuerte diferencia entre media y mediana lo cual indica procesos de diagenitización y edafogénesis con formación de subproductos y liberación de elementos finos. La sedimentación del depósito es forzada bien por pérdida de la pendiente depositandose el material grueso o bien por la disminución del caudal acumulandose, en este caso, el material más fino.

3.2 CONSIDERACIONES Y SÍNTESIS MORFOLÓGICA Y SEDIMENTOLÓGICA.

Comentario general de los materiales gruesos

Desde el punto de vista granulométrico el perfil de Fiscal presenta una cierta heterometría. Las medias fluctúan entre 6,5 cm.

(Cono +50-60 m.) y 12 cm. (barra actual) (Tabla 20). El tamaño de los centilos igualmente presenta gran variabilidad: 30 cm.(barra actual) y 2 m. (T +8-12 m.) estando todos ellos representados en litología areniscosa.

De nuevo, y como seguiremos viendo en los siguientes perfiles la litología predominante es la arenisca, seguida de la caliza y mucho peor representado el granito y los conglomerados (de estos últimos sólo se encuentra un 2% en el Cono +50-60 m.).

El desgaste es elevado, únicamente el Cono +12 m. por su cercanía con la fuente de sedimentos presenta una media muy baja (95). Por su parte en esta última muestra (y por las mismas razones anteriormente aducidas) el aplanamiento es muy elevado (Md = 4,37). La T +8-12 es la unidad morfológica que menor aplanamiento (Md = 1,76) presenta sus materiales detríticos.

	B. Actual F3	T 8-12 F4	Cono +12 F5	T +35-40 F2	Cono 50-60 F1
GRANULO.					
Md cm.	12	13	8	9	6,5
Centilo cm.	30 (Ar)	200 (Ar)	76 (Ar)	70 (Ar)	70 (Ar)
% < 24	1	24	-	6	7
LITOLOGÍA					
% Granito	2	1	-	4	-
% Arenisca	81	93	91	83	73
% Caliza	17	6	9	13	25
% Conglom.	-	-	-	-	2
DESGASTE					
Md cm.	250	214	95	308	243
% < 100	2	-	56	2	6
% > 250	50	34	4	60	50
% > 500	2	2	0	12	18
APLANAMIE.					
Md	2,54	1,76	4,37	2,37	1,84
% < 1.5	-	12	2	8	20
% > 2.5	40	42	60	56	26

Tabla 20. Indices granulométricos y morfométricos.

FISCAL

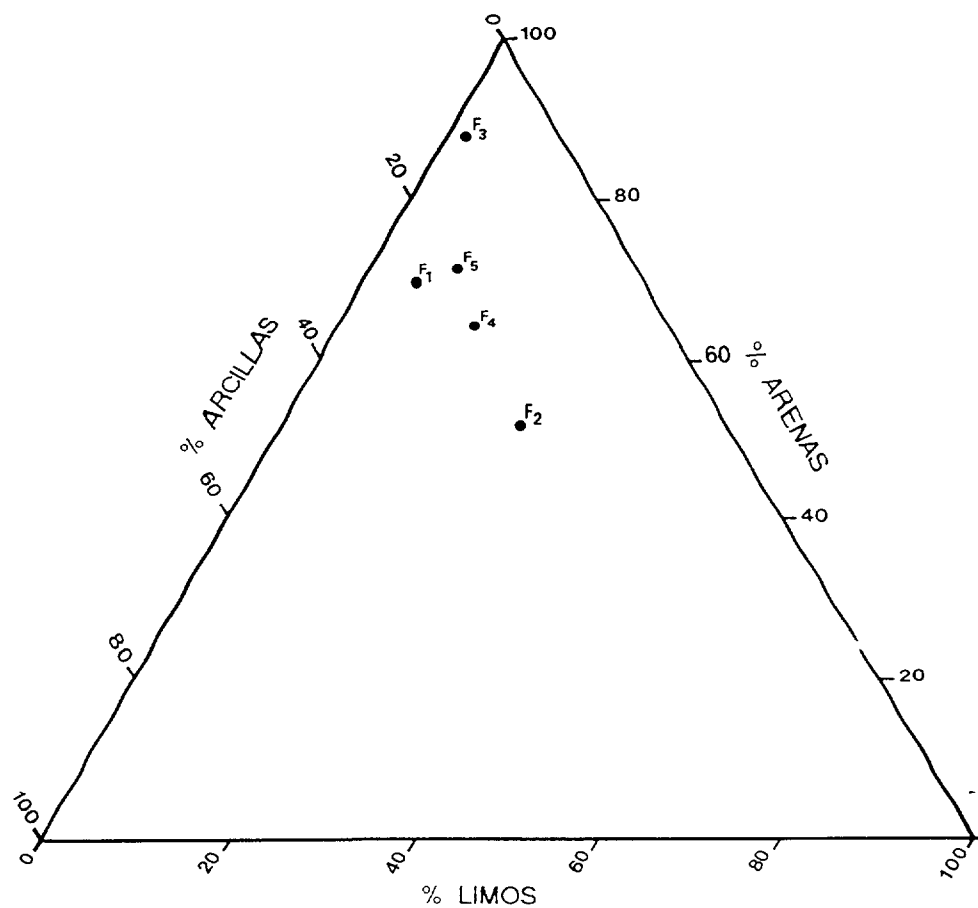


FIGURA 71 . DIAGRAMA TRIANGULAR DEL PERFIL DE FISCAL

Muestra	Textura %			Parametros de la Fase Arenosa					
	Arenas Finas	Arenas Medias	Arenas Gruesas	Q50 (1)	Mz (1)	OI (2)	So (2)	SK (2)	Kg (2)
F1	27,71	34,73	37,53	565	630	1,51	4,64	0,3	0,72
F2	14,81	40,64	44,48	698	410	1,29	2,38	32	1,07
F3	6,23	77,12	16,61	455	568	0,88	1,81	-0,02	0,95
F4	15,01	30,91	54,04	887	612	1,38	1,87	0,51	1,02
F5	24,88	54,94	20,15	315	357	1,35	1,95	-0,08	1,04

Tabla 19 . ANALISIS SEDIMENTOLOGICO DE LA FRACCION FINA DEL PERFIL DE FISCAL

(1) Unidades expresadas en micras.

(2) Unidades expresadas en phi.

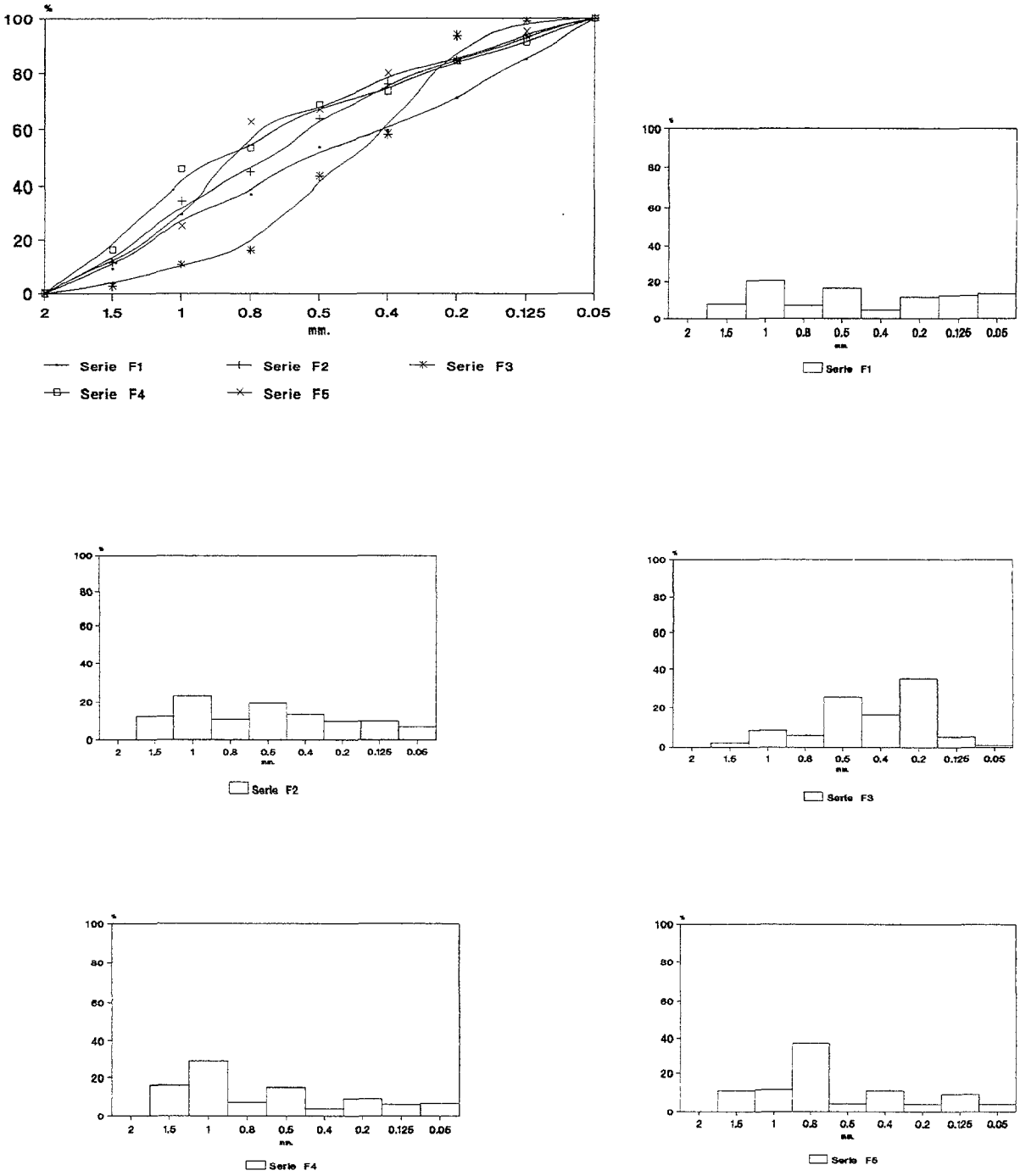


Fig. 72 . Análisis granulométrico de la fracción fina
del perfil de Fiscal

Comentario general de los materiales finos.

La distribución de arenas, limos y arcillas de los distintos depósitos pertenecientes al perfil de Fiscal ofrecen unas características bastante parecidas. Únicamente la fracción de limos es la que presenta mayor coeficiente de variación (0,86), fluctuando sus muestras entre un 1% de la Barra actual y un 27% de la Terraza +35-40 m. (Tabla 21). Respecto a las arenas podemos decir que se comportan de forma similar, aunque de nuevo, la barra actual (88%) supera bastante a la media (con un 64%). El Coeficiente de variación en esta fracción es bajo (0,19). Por último si nos referimos a las arcillas podemos observar un comportamiento homogéneo con porcentajes que manifiestan buena clasificación.

El diagrama triangular (Fig.71) nos presenta en general unos depósitos areno-arcillosos ya que se sitúa en el vértice del triángulo y hacia el eje de las arcillas. Únicamente la Terraza +35-40 m. (F2) representada en el centro del diagrama ofrece valores homogéneos entre las tres fracciones.

MUESTRAS	Arcilla	Limo	Arena
	%	%	%
F1 Cono 50-60m M.D.	25	6	69
F2 T(35-40m) M.D.	23	27	51
F3 Barra Actual	10	1	88
F4 T(8-12m) M.I.	21	15	64
F5 Cono 12-15m M.I.	20	9	71
Desviación Estandar	6	10	13
Media Aritmética	20	12	69
Coeficiente Variación	0,29	0,86	0,19

Tabla 21. Composición de la matriz fina.

3.3. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS Y MINERALÓGICAS.

El conjunto de las cinco muestras que constituyen este perfil, presentan un valor de pH $8,7 \pm 0,4$ (Tabla 22) en todos los casos y anormalmente alto, (9,3) la barra actual (F3), que sin embargo, coincide con la conductividad más baja ($78,2\mu\text{s}/\text{cm}$); destaca

también la elevada conductividad de F2 de 350 μ s/cm siendo el total de las muestras 191,9 \pm 103,9 μ s/cm.

MUESTRAS	pH	Cond. Calci.	
		μ s/cm	%
F1 Cono 50-60m M.D.	8,8	167,8	40,6
F2 T(35-40m) M.D.	8,2	350,0	8,0
F3 Barra Actual	9,3	78,2	45,1
F4 T(8-12m) M.I.	8,5	229,0	23,6
F5 Cono 12-15m M.I.	8,7	134,5	56,0
Desviación Estandar	0,4	103,9	18,9
Media Aritmética	8,7	191,9	34,6
Coefficiente Variación	0,04	0,54	0,54

Tabla 22. Propiedades químicas del perfil de Fiscal.

Los porcentajes de fracción ligera y fracción pesada se mantienen de modo similar: la fracción ligera siempre es la predominante estando sus porcentajes comprendidos entre 63% y 78%. Por el contrario, la fracción pesada está siempre peor representada oscilando entre 22% y 37% (Tabla 23).

	Fr. Pesada	Fr. Ligera
F1 Cono 50-60m M.D.	37%	63%
F2 T(35-40m) M.D.	23%	77%
F5 Cono 12-15m M.I.	32%	68%
F4 T(8-12m) M.I.	22%	78%
F3 Barra Actual	33%	67%

Tabla 23 ; Porcentajes de fracción ligera y fracción pesada del perfil de Fiscal.

Se observa cierta afinidad entre el cono +50-60 (F1) y el cono +12-15 (F5); aunque son de edades distintas los porcentajes de ambas fracciones son parecidas, 37%-63% para el primero y 32%-68% para el segundo; Ello sugiere que más que las posibles alteraciones que hayan podido sufrir los distintos minerales en el tiempo, hay que tener en cuenta la procedencia y el transporte de los diferentes contenidos mineralógicos.

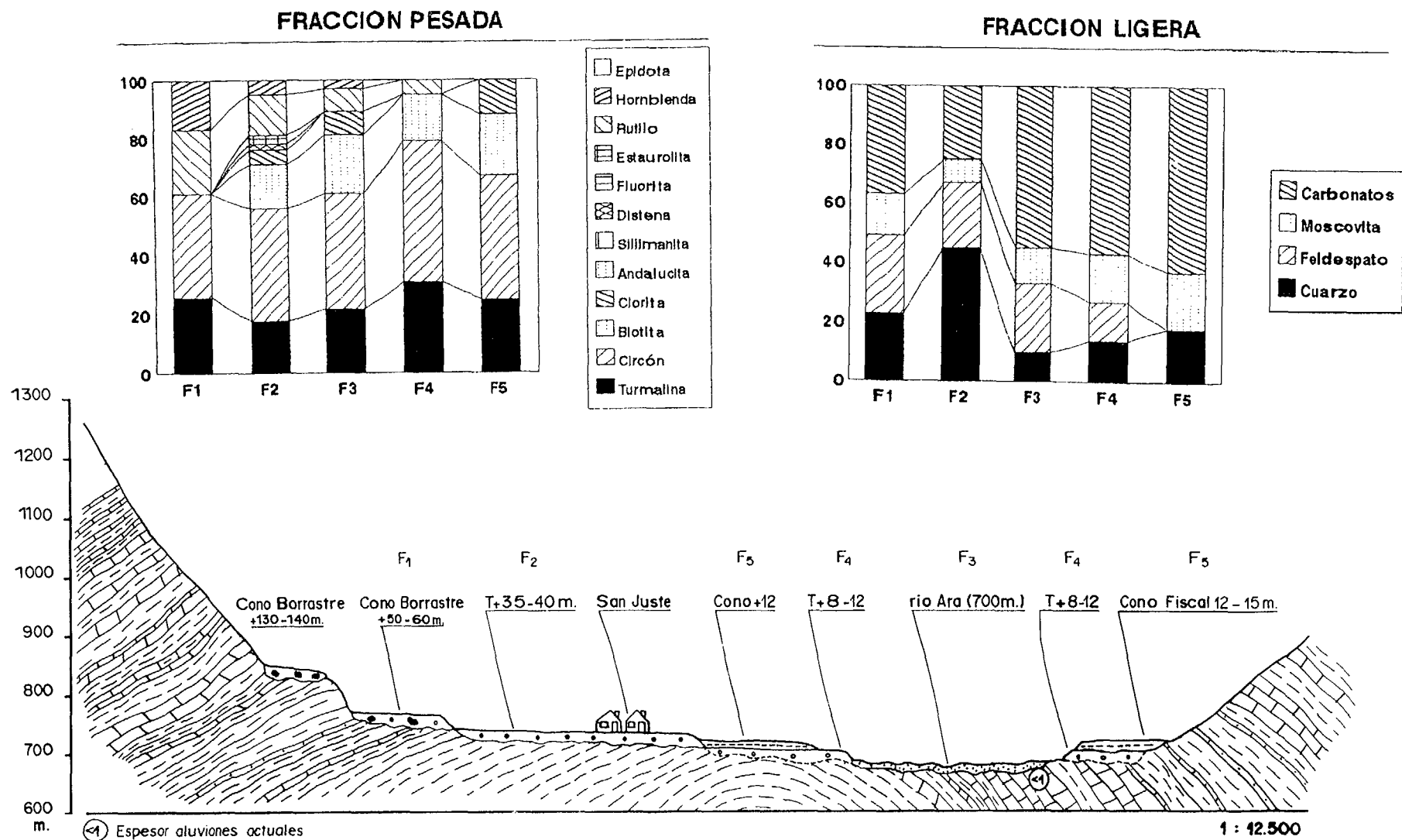


FIG. 73 . CORTE-MORFOLOGICO DE SINTESIS SECTOR DE FISCAL-SAN JUSTE

La fracción pesada de esta serie ofrece en común para las muestras, los minerales turmalina y circón. La primera de ellas $24 \pm 4\%$ (Tabla 24), tiene mínimo en T +35-40 (F2) del 18%, y máximo en T +8-12 (F4) del 31%. El circón agrupa muestras de concentración próxima a la media, 36%, en el cono +50-60 (F1) y en la T +35-40 (F2) mientras que la barra actual (F3) el porcentaje se reduce al 19%. El conjunto presenta un valor $36 \pm 10\%$. La figura 73 representa los depósitos con mayor contenido en turmalina, circón y rutilo siendo el cono +50-60 (F1) y la T +8-12 (F4) los más destacados.

La biotita se encuentra en todas las muestras, excepto en F1 (cono +50-60 m.), con valores muy similares, cercanos al 18%.

	TUR	CIR	ROT	BIO	CLO	EST	EPI	HIP	HOR	SIL	ANA	FLU	DIS	BRO	AND	Fracción ligera			
	Fracción pesada															CUA	FEL	MOS	CAR
F1	26	35	22	--	--	--	--	--	17	--	--	--	--	--	--	23	26	14	37
F2	18	38	14	15	5	3	--	--	5	--	--	--	2	--	2--	45	22	8	25
F3	22	19	--	20	8	--	--	--	3	--	--	--	--	--	--	10	23	12	55
F4	31	48	5	16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	14	13	16	57
F5	25	42	--	21	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	18	--	19	63
D.E.	4	10														12		4	14
M.A.	24	36														22		14	47
C.V.	0,17	0,28														0,54		0,29	0,03

Tabla 24 . Composición mineralógica de la fracción pesada y ligera expresada en %..

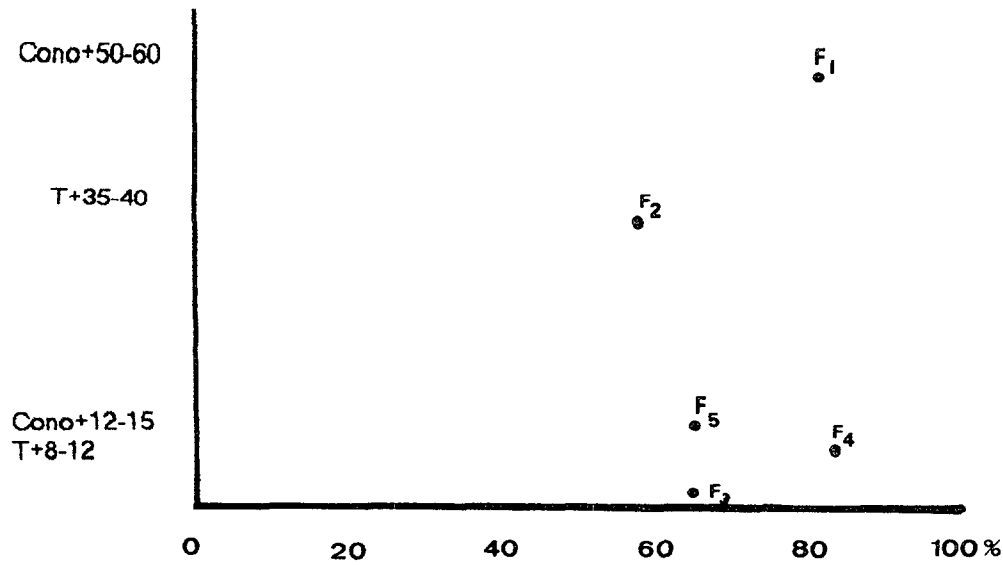


Fig. 74. Evolución de los porcentajes de turmalina + circón + rutilo en función de la edad de los depósitos.

Como minerales minoritarios se pueden considerar el rutilo, la clorita y la hornblenda alcanzando esta última un valor máximo del 17% en el cono +50-60 (F1) y mínimo (3%) en los sedimentos actuales (F3). Merece destacar la presencia en la terraza +35-40 (F2) de estauroлита (3%) y distena (2%).

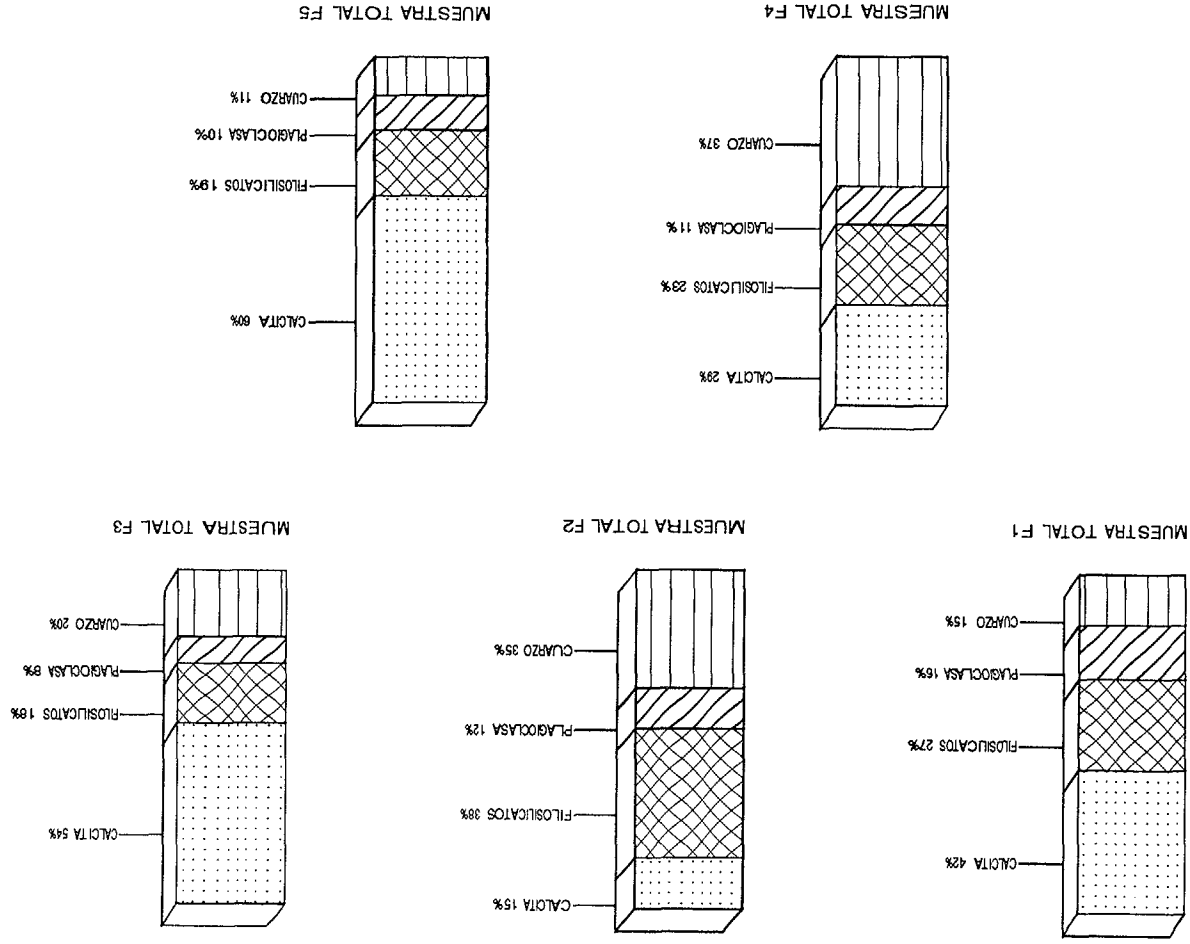
La fracción ligera está constituida por cuarzo, moscovita y carbonato en todas las muestras; únicamente el feldespato no se reconoce en el cono +12-15 (F5).

El cuarzo $22 \pm 12\%$, alcanza un valor anómalo (45%) en la terraza +35-40 (F2) y mínimo (10%) en la barra actual (F3). Para la moscovita, los valores son paritarios y similares a la media, $14 \pm 4\%$. Por su parte, el carbonato $47 \pm 14\%$, toma el mínimo (25%) en la T +35-40 (F2) y el máximo (63%) en el cono +12-15 (F5). Los feldespatos toman valores muy semejantes cercanos al 25% descendiendo únicamente en T +8-12 (F4) hasta el 13% (Tabla 24).

Mineralógicamente son muestras carbonatadas, excepto la F2 (T+35-40m) y F4 (T+8-12m), con sólo un feldespato, el calco-sódico, que toma elevada concentración, al igual que los filosilicatos en F2, que alcanzan un 38%. En F3, destaca la presencia de anfíbol (Tabla 25).

La mineralogía de arcillas, de nuevo se detecta, la trilogía caolinita-ilita-esmectita. Apareciendo además sepiolita en F2 y clorita en F3, con indicios de interestratificado ilita-esmectita en todas ellas. La ilita sólo en F5 (Cono +12-15m) es bastante cristalina, en el resto de los puntos, su cristalinidad ha disminuido un poco respecto a perfiles anteriores. No obstante, en todos los casos supera el 70% de la concentración de arcilla $75 \pm 4\%$.

FIGURA 75 . HISTOGRAMA MINERALOGICO DEL PERFIL DE FISCAL.



MUESTRAS	Carb.	Q	FK	F.CaNa	Anfib.	Hemat.	Filo.	K	Il	S	C	Se
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
F1 Cono 50-60m M.D.	42	15	-	16	0	-	27	8	76	16	0	0
F2 T(35-40m) M.D.	15	35	-	12	-	-	38	7	75	12	-	6
F3 Barra Actual	54	20	-	8	0,5	-	18	11	70	8	10	0
F4 T(8-12m) M.I.	29	37	-	11	-	-	23	15	73	12	0	0
F5 Cono 12-15m M.I.	60	11	-	10	-	-	19	8	81	11	0	0
Desviación Estandar	18	12	0	3	0,2	0,0	8	3	4	3	4	3
Media Aritmética	40	24	0	11	0,2	0,0	25	10	75	12	2	1
Coefficiente Variación	0,46	0,50	0,00	0,25	0,19	0,00	0,32	0,33	0,05	0,24	2,15	2,23

Tabla 25. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas con sus parámetros estadísticos.

Su composición química es muy uniforme con TiO_2 $0,16 \pm 0,02\%$, K_2O $1,42 \pm 0,34\%$ (Tabla 26); concentraciones de Na_2O altas, muy similares todas, entre 11 y 14% y MgO , con valor más alto para F3 (0,98%) y más bajo en F5 (0,31%). El CaO es muy variable, $3,72 \pm 4,06\%$; siendo similares las muestras F1 (Cono 60-50m), F3 y F5 con concentraciones elevadas superiores al 10% y por otro lado F2 y F4 próximos a 4%.

MUESTRAS	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	Al_2O_3	SiO_2
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
F1 Cono 50-60m M.D.	2,64	10,77	0,40	12,14	1,11	0,14	0,02	19,51	53,24
F2 T(35-40m) M.D.	4,60	3,96	0,38	13,88	1,60	0,16	0,03	18,25	57,14
F3 Barra Actual	2,30	11,51	0,98	10,92	1,93	0,19	0,02	18,30	53,85
F4 T(8-12m) M.I.	2,96	4,72	0,52	12,46	1,25	0,15	0,03	17,26	60,65
F5 Cono 12-15m M.I.	2,52	12,64	0,31	12,20	1,20	0,15	0,02	16,18	56,01
Desviación Estandar	0,93	4,06	0,34	1,10	0,34	0,02	0,01	1,25	2,96
Media Aritmética	3,00	8,72	0,45	12,42	1,42	0,16	0,20	17,90	56,18
Coefficiente Variación	0,31	0,46	0,75	0,08	0,23	0,12	0,02	0,06	0,05

Tabla 26. Composición química de elementos mayoritarios y sus parámetros estadísticos.

La concentración de óxidos de hierro son casi del mismo valor. De nuevo los óxidos cristalinos superan en concentración a los amorfos, pero con unos límites de variación muy pequeños. No sucede lo mismo con los óxidos de manganeso que excepcionalmente superan los óxidos amorfos $2,18 \pm 1,18\%$ a los cristalinos $0,48 \pm 0,25\%$ (Tabla 27).

Los conos y aluvionamientos de este perfil ofrecen contenidos en hierro total algo inferiores a los que las características petrográficas de la cuenca del río Ara registra (3,00 ± 0,93%). El porcentaje de hierro va aumentando paulatinamente a medida que envejece la edad del depósito. De este modo la barra actual (F3) y la T +8-12 m. (F4) son las muestras con menor contenido en hierro total (2,30% y 2,96% respectivamente); mientras que la T +35-40 presenta los valores más altos de todo el perfil de Fiscal (4,60%). Respecto a los conos hemos de decir que sus porcentajes son prácticamente iguales a pesar de ser altimétricamente muy distintos (Cono +12-15 m.= 2,52% y Cono +50-60 m.= 2,64%).

MUESTRAS	Fe am.	Mn am.	Fe cr.	Mn cr.
	0,01%	0,01%	0,1%	0,1%
F1 Cono 50-60m M.D.	5	3,00	11	0,65
F2 T(35-40m) M.D.	8	3,12	13	0,52
F3 Barra Actual	7	0,65	4	0,13
F4 T(8-12m) M.I.	11	3,00	9	0,78
F5 Cono 12-15m M.I.	7	1,16	7	0,35
Desviación Estandar	2	1,18	3	0,25
Media Aritmética	8	2,18	9	0,48
Coefficiente Variación	0,28	0,23	0,34	0,52

Tabla 27 . Composición química de hierro y manganeso amorfo y cristalino.

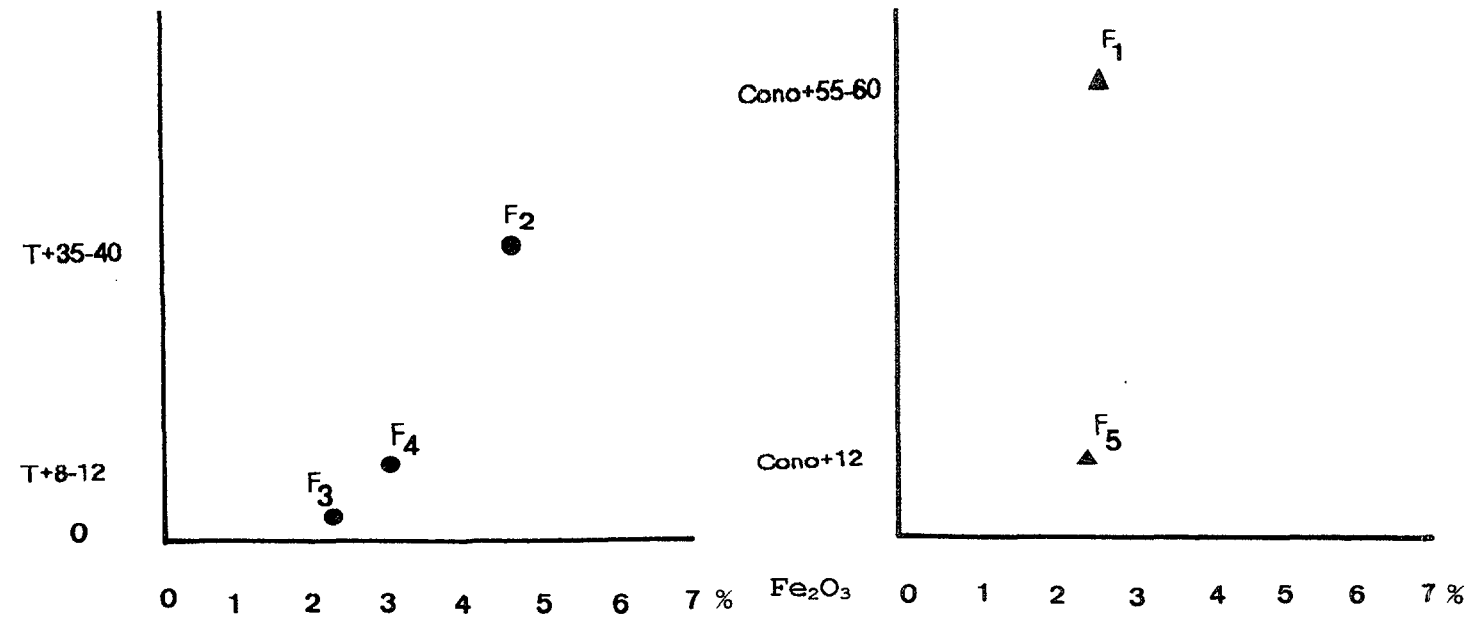


Figura 76. Variación del contenido de hierro total (Fe_2O_3) en función de la antigüedad de las terrazas y los conos.

Los oligoelementos de especial mención son el plomo 9 ± 1 ppm (Tabla 28); el cobre con valor 21 ± 3 ppm; el cromo 17 ± 5 ppm y un máximo de 25 ppm en F2; el níquel 7 ± 1 ppm idéntico al circonio y los elevados contenidos en cinc destacando las 630 ppm en F2 y el resto, superando las 259 ppm.

MUESTRAS	Pb ppm	Cu ppm	Zn ppm	Cr ppm	Ni ppm	Zr ppm
F1 Cono 50-60m M.D.	8	21	271	15	7	6,5
F2 T(35-40m) M.D.	9	24	630	25	8	7,5
F3 Barra Actual	9	16	305	12	6	7,5
F4 T(8-12m) M.I.	9	24	451	16	7	5,5
F5 Cono 12-15m M.I.	8	21	356	15	7	5,5
Desviación Estandar	1	3	144	5	1	1,0
Media Aritmética	9	21	403	17	7	6,5
Coefficiente Variación	0,06	0,15	0,35	0,29	0,10	0,15

Tabla 28. Composición química de oligoelementos y sus parámetros estadísticos.

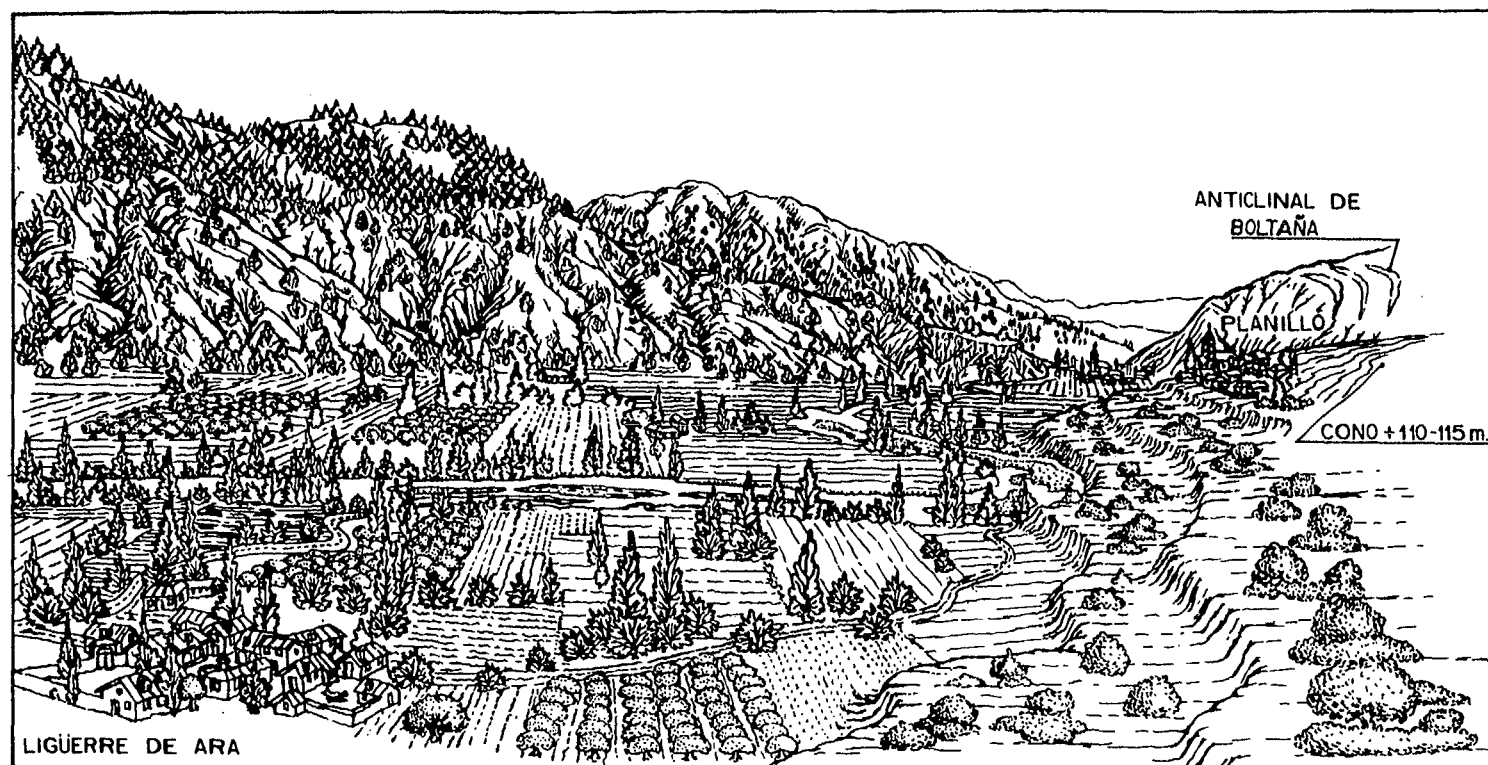


Fig. 77. Vista general del valle desde Ligüerre de Ara (hasta el Anticlinal de Boltña).

4.PERFIL DE LIGÜERRE DE ARA

4.1.CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLOGICAS.

Nos encontramos ante un perfil muy sencillo en lo que respecta al número de sus aterrazamientos. Únicamente está representada la terraza +8-12 m., cuya plana morfología y continuidad lateral destaca a lo largo de todo el valle: siempre mucho mejor representada en la margen derecha sobre la que se asienta el pueblo de Ligüerre de Ara. Por el contrario, en la margen izquierda su extensión es menor, debido a la cercanía de los relieves estructurales del flysch eoceno, quedando en ocasiones fosilizada por coluviones amorfos liberados de los afloramientos situados en la ladera (Figs. 77 y 78). El diagnóstico interpretativo de dicho coluvión es confuso, dado que tiene claras evidencias de un transporte de tipo solifluidal. Como hipótesis de trabajo este coluvión pudiera representar una de las etapas Fini- Würmienses. Esta terraza, fosiliza por el coluvión se encuentra, escalonada en las dos márgenes respecto al cauce actual.

Si comparamos este perfil con el perfil de Fiscal observaremos que la terraza +35-40 m. ha desaparecido por causas erosivas, posiblemente vinculadas a las notables características de estrechez que el valle ofrece en este sector.

En la vertiente derecha encontramos los relieves monoclinales del flysch, caracterizados por buzamientos muy acusados y fuertemente atacados por los procesos erosivos actuales.

Tampoco hay grandes conos, como ocurría en el perfil anterior, debido a la inexistencia de importantes emisarios laterales.

El río discurre por un amplio lecho que ofrece una llanura de inundación poco funcional, dado que está colonizada por especies rupícolas y pinos que alcanzan en algunos casos un tamaño arbóreo.

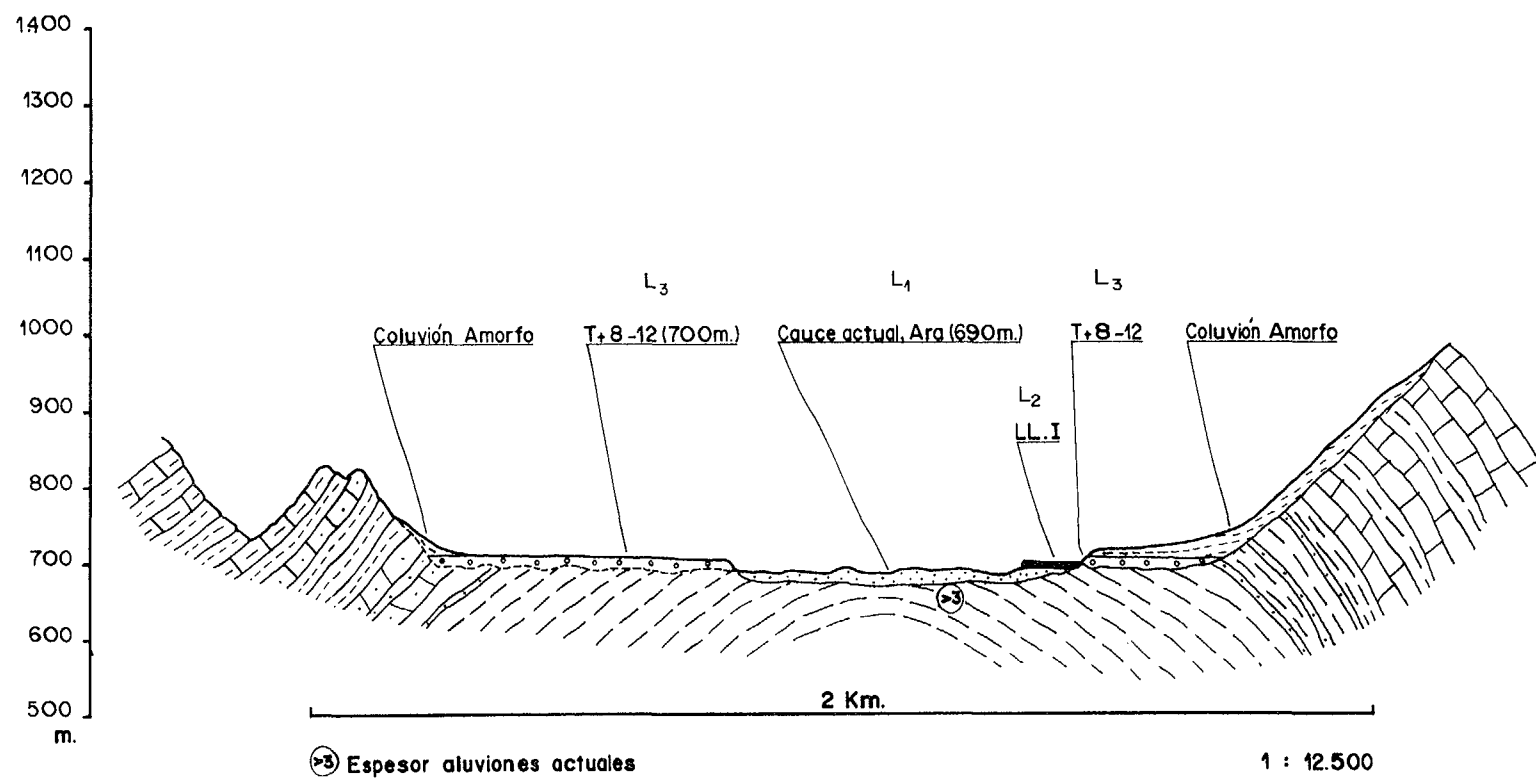


FIG. 78. PERFIL LIGUERRE

4.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

BARRA ACTUAL (Muestra L1)

Características generales de la muestra.

COLOR: 7,5 YR 4/1
 ESTRUCTURA: sin estructura.
 CONSISTENCIA EN SECO: suelto (apenas tiene coherencia.)
 CUTANES: no se observan.
 CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: escasos, 5%.
 CONTENIDO EN RAICES: nulo.
 POROSIDAD: nula.

El río discurre entre un conjunto de barras. El espesor de estos aluviones actuales (según información facilitada por el Departamento de Obras Públicas de la Diputación General de Aragón) no sobrepasa los 3 metros de espesor en el puente de Ligüerre de Ara.

Litofacies y estructura sedimentaria; Gravas masivas, en ocasiones con estructura sedimentaria horizontal o imbricada. Facies Gm.

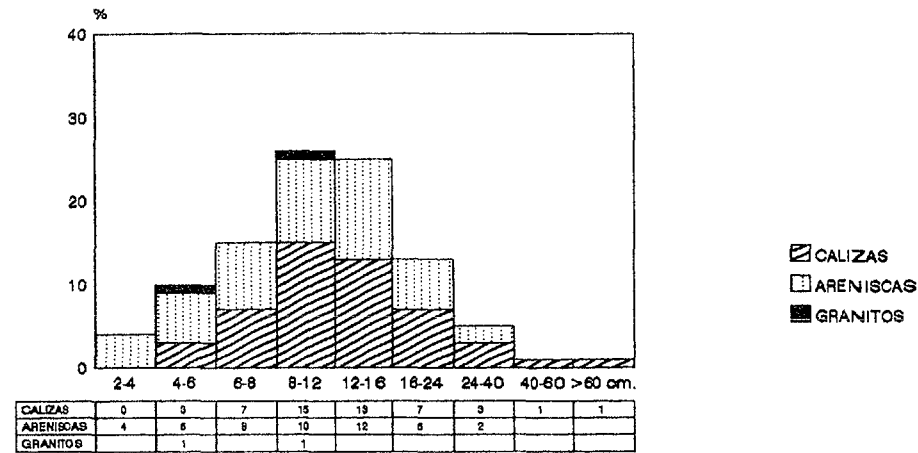
Análisis de la fracción gruesa.

Como viene siendo habitual en las barras actuales, el histograma granulométrico es de tipo unimodal (Fig.79) y ofrece un carácter simétrico con buena clasificación de sus elementos. Ello se debe a que el máximo principal se sitúa en 8-12 cm., con un 26% del material y está acompañado por un máximo secundario ubicado en el umbral inmediatamente superior (12-16 cm.) que aglutina al 25% del material. La mediana es de 12 cm. y el centilo, 70 cm., en arenisca. El porcentaje de bloques superiores a 24 cm. es 7, lo cual denuncia una alta capacidad de los mecanismos de transporte.

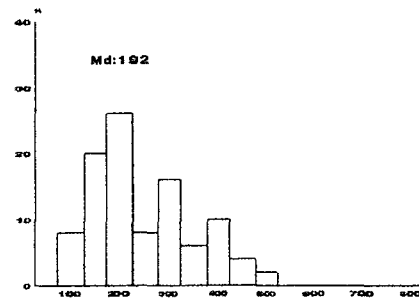
Respecto a la litología (Fig.79) podemos decir que las arenicas (48%) y las calizas (50%) se distribuyen homogéneamente. Los granitos, arrastres típicos de cabecera, únicamente figuran de forma puntual (2%) y coinciden con los fragmentos de menor tamaño inferior a 6 cm.

El histograma de desgaste (Fig. 79) muestra tres máximos. El máximo principal se sitúa entre 150-200 mientras que los secundarios

L1 Barra Actual.



Indice de Desgaste
LIQUERRE L1. BARRA ACTUAL



Indice de Apilamiento
LIQUERRE L1. BARRA ACTUAL

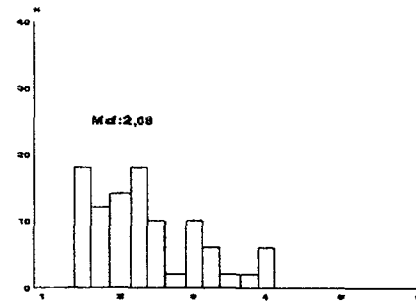


FIG. 79. RASGOS LITOLOGICOS, GRANULOMETRICOS Y MORFOLOGICOS.

se encuentran en 250-300 y 350-400 respectivamente. Esta alta diversidad de máximos indica la variada procedencia de los sedimentos, siendo inferiores a 100 un 8%. Un 44% de los cantos inferiores a 250 presentan sus bordes bien redondeados, lo cual sugiere su pertenencia a arrastres de tipo longitudinal.

El histograma de aplanamiento vuelve a ser polimodal (Fig.79), lo que de nuevo evidencia variedad en carga aluvial con una mediana moderadamente alta (2,08). Existe un predominio entre los cantos con aplanamientos superiores a 2,5 (38%) típicos de procesos más o menos vinculados a la fragmentación hielo/deshielo mientras que los menos aplanados (inferiores a 1,5) típicos de una enérgica torrencialidad en la dinámica del cauce están moderadamente representados (18%).

Análisis de la fracción fina.

En lo que respecta a la distribución general de arenas limos, y arcillas (Fig.83). La fracción fina que acompaña al material detrítico grueso está formada mayoritariamente por arenas (80%). Los limos son escasos (6%) y el material arcillosos está bien representado (14%).

Esta muestra presenta un histograma granulométrico ligeramente bimodal (Fig.82). Con dos máximos principales muy nítidos en las arenas de talla media (tamiz 0,2 mm.) y en las arenas finas (tamiz 0,125 mm.) y uno tercer máximo que se sitúa de nuevo en las arenas medias (tamiz 0,5 mm.). Existe por tanto, una casi total ausencia de los calibres más gruesos y un claro predominio de los sedimentos más finos.

La curva es hiperbólica de tipo sigmoidal muy tendida observándose las acumulaciones más importantes en las fracciones de arena fina y media. El tamaño medio del sedimento es de 263μ (Tabla 30) y su clasificación es moderada. La skewness presenta asimetría ligeramente negativa y la kurtosis (0,58) revela importantes fluctuaciones en la velocidad de la corriente hacia valores más bajos de lo normal durante un período de tiempo prolongado, lo cual explica el predominio de la arena media y fina sobre la gruesa anteriormente señalado en el histograma granulométrico.

Es posible que la fracción arenosa se depositara después de la formación de la barra; es decir, una vez acumulados los cantos se sedimentara la arena colmatando los poros y zonas deprimidas. Las condiciones hidrodinámicas difieren en ambos casos; ya que en períodos de alta energía predomina la acumulación de gruesos y el lavado de la arena. Al descender el caudal, la acumulación del material más fino, queda retenido en los intersticios y zonas protegidas de la barra.

LLANURA DE INUNDACIÓN (Muestra L2)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 4/2

ESTRUCTURA: débil.

CONSISTENCIA EN SECO: blanda.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: muy escasos y pequeños.

CONTENIDO EN RAICES: pocas, de tamaño fino y medio.

POROSIDAD: muy poca.

Este depósito sólo se inunda en época de lluvias torrenciales o grandes avenidas. Está compuesto por un material limoso-arcilloso fundamentalmente.

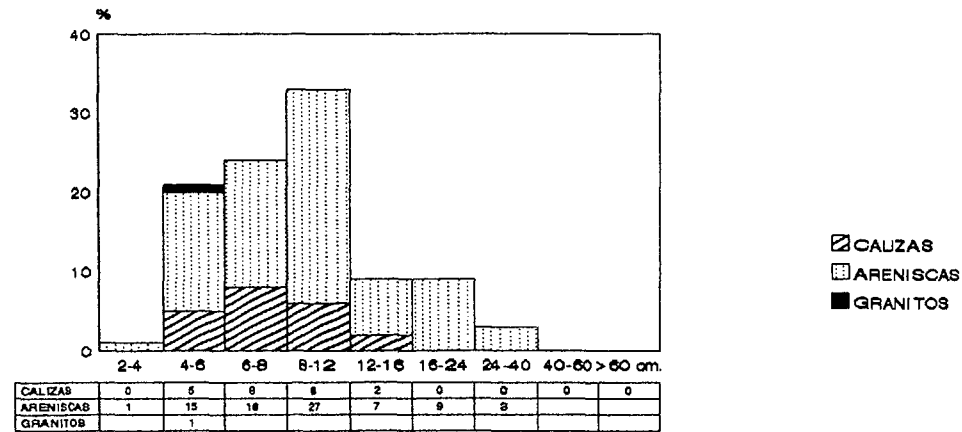
La vegetación de sauces y pinos ha colonizado buena parte de la llanura de inundación proporcionando una mayor estabilidad a las orillas.

Litofacies y estructura sedimentaria; Limos y arcillas con abundancia de raíces y restos vegetales. Facies Fr.

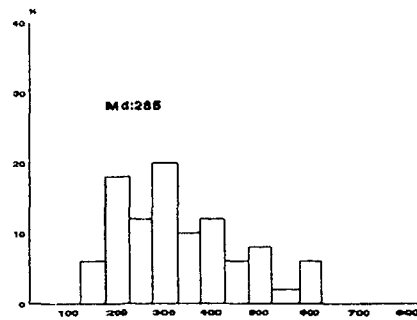
Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico es de tipo unimodal (Fig.80) con un máximo principal bien destacado 33% situado en el umbral de 8-12cm. La fracción de cantos pequeños está muy bien representada figurando el 79% de la muestra. No ocurre lo mismo con los cantos medianos y bloques pequeños que únicamente reúnen el 21% del material. Lógicamente al tratarse de una llanura aluvial sólo se depositan los materiales de menor calibre quedando en las barras los elementos granulométricos más gruesos. La mediana consecuentemente desciende a 9 cm. y el centilo también, 55cm. en arenisca.

L2 Llanura de Inundación



Índice de Desgaste LIGÜERRE L2. LLANURA INUNDACION



Índice de Aplastamiento LIGÜERRE L2. LLANURA DE INUNDACION

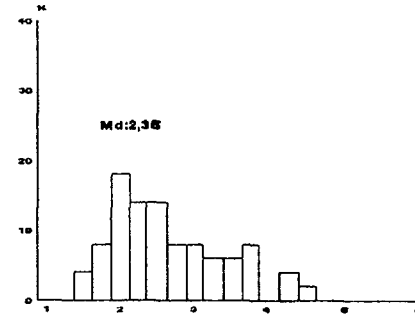


FIG. 80 RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

En lo que respecta a la litología vuelve a haber un predominio de las areniscas (78%) respecto a las calizas (21%). Los granitos sólo representan el 1%.

El histograma de desgaste (Fig.80) muestra una mediana alta (285). Pero lo más significativo de él es el alto porcentaje de materiales con desgaste superiores a 250 (72%) y donde un 8% le tiene muy acusado, superior a 500. No existen cantos con desgaste inferior a 100 lo que indica la gran actividad de la corriente y su capacidad para borrar las influencias aristadas de los elementos coluvionales que han llegado al cauce.

Respecto al aplanamiento destaca una mediana elevada (2,35). Los materiales poco aplanados sólo representan un 4% frente a los muy aplanados con un 56% (Fig.80). Ello denuncia de nuevo la importancia de las características texturales que presentaban estos materiales cuando se liberaron de los afloramientos rocosos.

Análisis de la fracción fina.

En el reparto de las distintas fracciones granulométricas arcillas, limos y arenas son estas últimas las mejor representadas con un 87% del total muestreado. Los limos son muy escasos figurando únicamente un 3%; las arcillas ofrecen también un porcentaje moderado (10%). Estas dos últimas fracciones (limosa y arcillosa) representan los valores más bajos de todo el perfil de Ligüerre (Fig.83).

El histograma es bimodal con un máximo en arenas finas en el tamiz de 0,2 mm. de 43,31% y un máximo secundario para el tamiz 0,5 mm. de 17,43%, lo que parece indicar una mezcla de dos poblaciones de origen distinto (Fig.82).

La curva es hiperbólica de tipo sigmoidal (Fig.82), ligeramente tendida lo que indica una sedimentación semilibre predominando la acumulación sobre el lavado. La clasificación es buena, no mostrando la kurtosis (0,97) fluctuaciones en la velocidad del agente. La curva simétrica con parecida clasificación de todos sus integrantes. No existen procesos diagenéticos ni remoción post-deposicional. Parece tratarse de una acumulación claramente fluvial sin momentos de torrencialidad.

TERRAZA +8-10 m. Margen Izquierda (Muestra L3)**Características generales de la muestra.**

COLOR: 2.5Y 5/4

ESTRUCTURA: de moderada a débil.

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: nulo.

CONTENIDO EN RAICES: nulo.

POROSIDAD: nula.

Esta acumulación de unos 4 metros de espesor, se encuentra fosilizada por un coluvión amorfo. El material se encuentra bastante cementado y rubefactado.

Litofacies y estructura sedimentaria; gravas masivas con estratificación horizontal. Facies Gm.

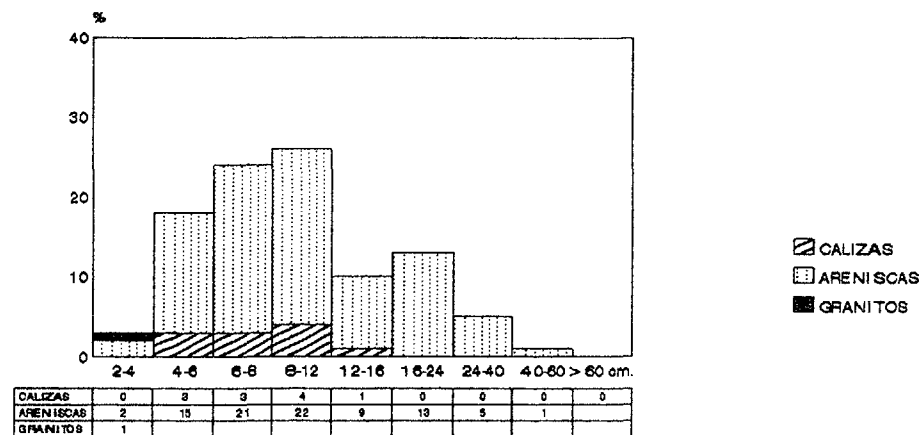
Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico es de tipo polimodal (Fig.81), con un máximo principal situado en el umbral de 8-12 cm. y otro secundario en 16-24 cm. La mediana es de 9 cm. y el centilo de 150 cm. en arenisca (aumentando bastante su valor respecto a los de anteriores depósitos de este perfil). El histograma muestra una serie de elementos poco clasificados tratándose posiblemente de una arrastre asociado a fuertes pulsaciones de corriente. El número de bloques que superan los 24 cm. es de 6% lo cual indica un funcionamiento del cauce claramente torrencial.

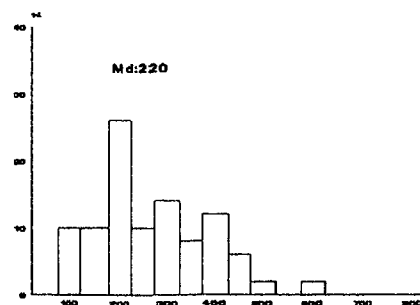
Respecto a la litología (Fig.81) existe un claro predominio de la arenisca (88%) frente a la caliza (11%). El porcentaje de granitos es muy pequeño (1%) y su presencia coincide con la fracción más pequeña entre 2-4 cm.

El histograma de desgaste (Fig.81) presenta una mediana de 220. Los materiales con desgastes inferior a 100 son del 10%; aunque continúan dominando los elementos rodados con desgastes superiores a 250 representando un 46%; de este porcentaje un 2% corresponden a materiales de morfometría esferoidales, típica de enérgicos arrastres torrenciales.

L3 Terraza 8-10m.



Indice de Desgaste
LIGÜERRE L3. TERRAZA 8-10m M.I.



Indice de Apilamiento
LIGÜERRE L3. TERRAZA 8-10m M.I.

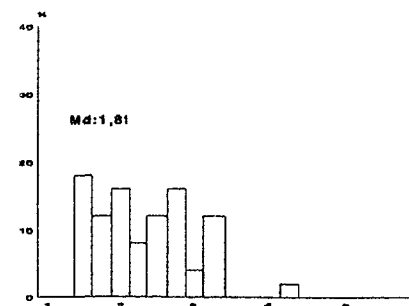


FIG. 81 RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

Desde el punto de vista del aplanamiento (Fig.81) el valor de la mediana ha disminuido (1,81) y aparece un 18% de material poco aplanado (inferior a 1,5) frente a un 46% de aplanamiento superior a 2,5.

Análisis de la fracción fina.

En lo que respecta a la distribución de arenas, limos y arcillas este depósito presenta valores bastante repartidos entre todas las fracciones. De este modo se observa que el porcentaje de arenas ha descendido notablemente (66%) en beneficio de las otras dos fracciones granulométricas. El limo ofrece un valor del 12%, mientras que las arcillas figuran con un 22%, mostrando las dos los porcentajes más altos del conjunto de Ligüerre de Ara (Fig.83).

Histograma ligeramente trimodal (Fig.82). A diferencia de las dos anteriores muestras que componen este perfil, la acumulación de arena gruesa es muy importante (63,32% de la muestra) y donde sólo el tamiz de 1 mm. retiene el 34,80% del sedimento total.

La curva es parabólica por tanto con sedimentación forzada (Fig.82) y con un claro déficit de finos como se observa en los últimos tamices del histograma granulométrico. La clasificación es aceptablemente buena como indica el índice de Trask (1,32) (ver Tabla 30) y la kurtosis (1,14) nos sugiere que la velocidad de la corriente ha experimentado débiles fluctuaciones.

4.2. CONSIDERACIONES Y SÍNTESIS MORFOLÓGICA Y SEDIMENTOLÓGICA.

Comentario general de los materiales gruesos.

Desde el punto de vista granulométrico la T +8-10 presenta el centilo más elevado (150 cm. en arenisca) y junto a la barra actual el mayor número de bloques de tamaño superior a 24 cm. Litológicamente la arenisca es el material más abundante, destacando sobre todo en la T +8-10 m. con un 88% (Tabla 29). El desgaste es elevado correspondiendo el máximo a la Llanura de inundación (Md=285). La

media más baja de los aplanamientos se encuentra en la T +8-10 m. (Md=1,81).

	B. Actual L1	Llan. Inunda. L2	T 8-10 L3
GRANULO.			
Md cm.	12	9	9
Centilo cm.	70 (Ar)	55 (Ar)	150 (Ar)
% >24 c	7	3	6
LITOLOGÍA			
% Granito	2	1	1
% Arenisca	48	78	88
% Caliza	50	21	11
DESGASTE			
Md	192	285	220
% < 100	8	-	10
% > 250	38	64	44
% > 500	6	8	2
APLANAMIE.			
Md	2,08	2,35	1,81
% < 1.5	18	4	18
% > 2.5	38	56	46

Tabla 29 . Indices granulométricos y morfométricos.

Comentario general de los materiales finos.

Respecto a la distribución de las distintas fracciones granulométricas (arenas, limos y arcillas) este perfil presenta un material arenoso abundante (como muestra el diagrama triangular Fig.83). La Terraza +8-10 m. baja un poco el valor de la media ($77 \pm 11\%$). Por el contrario, el valor de los limos y arcillas aumenta notablemente por causa del mismo depósito. Las cantidades variables de arcilla que llegan a constituir una cuarta parte de la concentración en L3. El conjunto de las muestras de la fracción arena sigue siendo junto a Boltaña y Broto uno de los perfiles con mayores porcentajes en esta textura.

Las mayores fluctuaciones de los valores se dan sobre todo en los limos (entre un 3% correspondiendo a la Llanura de inundación y un 12% de la Terraza +8-12 m.) lo que provoca que el Coeficiente de variación se eleve a 0,65 (Tabla 31).

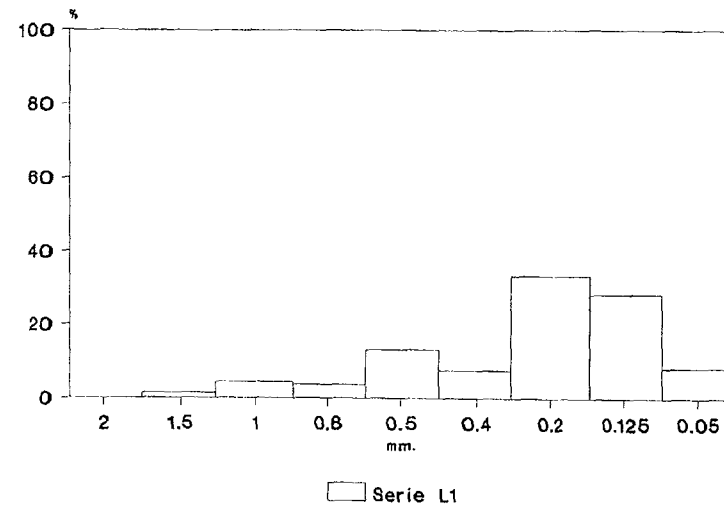
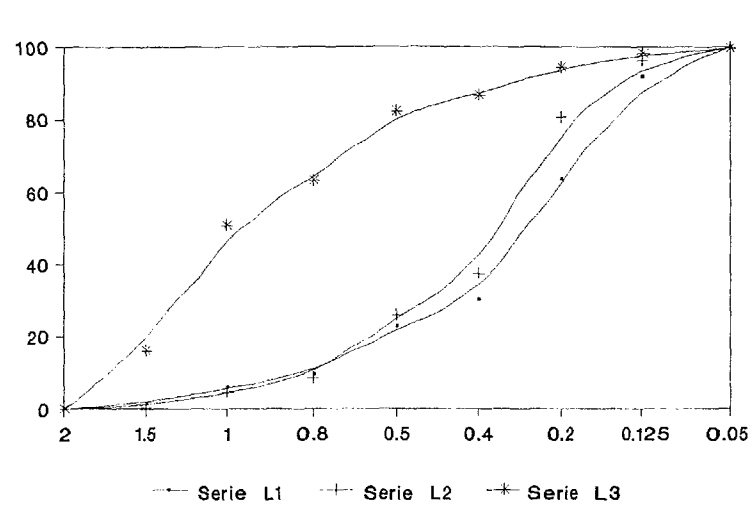
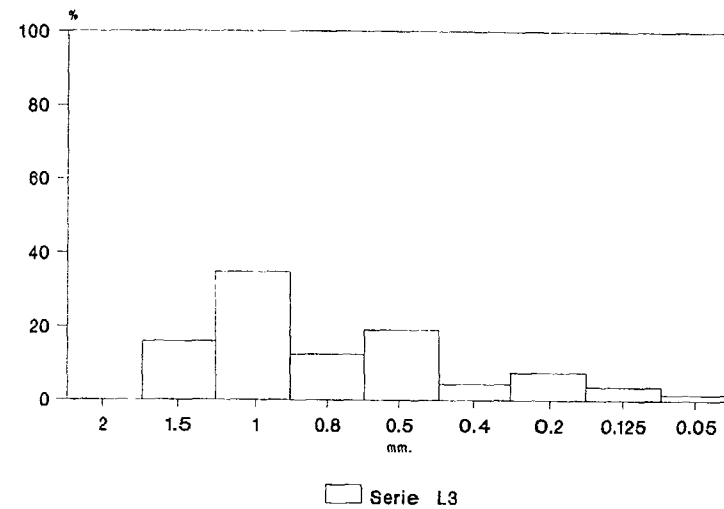
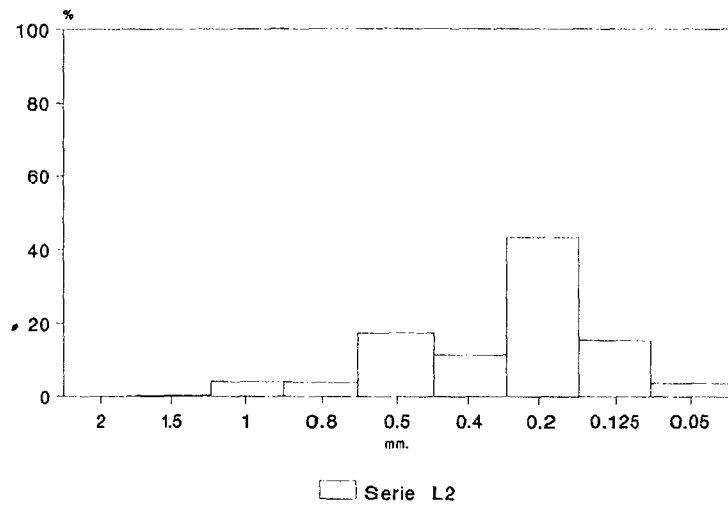


Fig. 82. Análisis granulométrico de la fracción fina del perfil de Ligüerre de Ara



LIGUERRE DE ARA

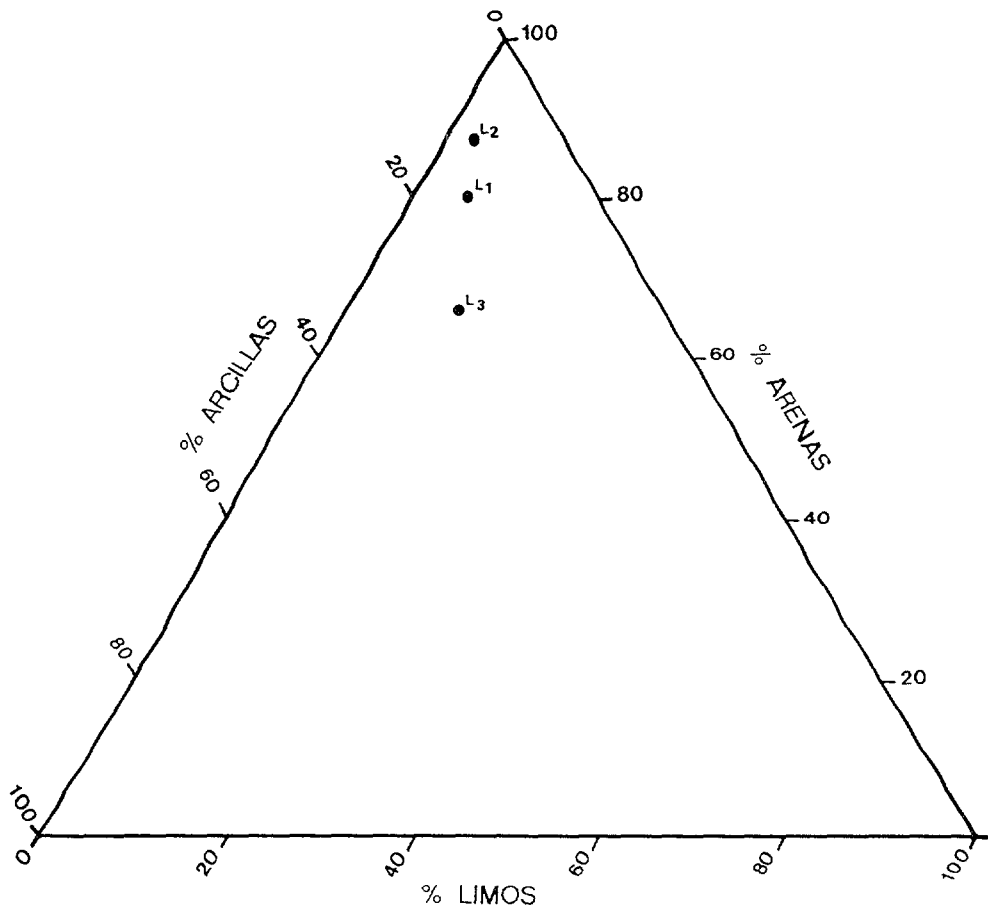


FIGURA 83 . DIAGRAMA TRIANGULAR DEL PERFIL DE LIGUERRE DE ARA

Muestra	Textura %			Parametros de la Fase Arenosa					
	Arenas Finas	Arenas Medias	Arenas Gruesas	Q50 (1)	Mz (1)	OI (2)	So (2)	SK (2)	Kg (2)
L1	36,45	54,06	9,45	263	284	1,08	1,8	-0,13	0,58
L3	5,4	31,24	63,32	1010	920	0,91	1,32	0,45	1,14
L2	19,06	72,27	8,48	323	334	0,9	1,5	-0,08	0,97

Tabla 30. ANALISIS SEDIMENTOLOGICO DE LA FRACCION FINA DEL PERFIL DE LIGUERRE

(1) Unidades expresadas en micras.
(2) Unidades expresadas en phi.

MUESTRAS	Arcilla	Limo	Arena
	%	%	%
L1 Barra Actual	14	6	80
L2 Llan.Inundación	10	3	87
L3 T(8-10m) M.I.	22	12	66
Desviación Estandar	6	5	11
Media Aritmética	15	7	77
Coefficiente Variación	0,39	0,65	0,13

Tabla 31. Composición de la matriz fina.

4.3 PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS Y MINERALOGICAS.

Se trata de un corte con sólo tres muestras L1 (Barra actual), L2 (Llanura de inundación) y (T+8-10 m.); en todas los casos el pH es alcalino $8,4 \pm 0,6$ (Tabla) y con conductividades ligeramente superiores a los demás casos, siendo además L3 bastante elevada con 245 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las medidas con calcímetro denotan para L3 un valor muy bajo, intermedio en L1 (4,3%) y alto en L2 en que se consigue una concentración del 45%.

MUESTRAS	pH	Cond.	Calci.
		$\mu\text{S}/\text{cm}$	%
L1 Barra Actual	9,1	69,5	41,4
L2 Llan.Inundación	8,1	173,2	45,6
L3 T(8-10m) M.I.	8,1	244,6	4,3
Desviación Estandar	0,6	88,3	22,7
Media Aritmética	8,4	162,2	30,4
Coefficiente Variación	0,02	0,54	0,74

Tabla 32 . Propiedades químicas del perfil de Ligüerre.

El porcentaje de la fracción ligera y fracción pesada de este perfil llama la atención por su altísimo contenido de minerales pesados; ello se observa sobre todo en los sedimentos actuales como en la llanura de inundación y en las barras, alcanzando en esta última casi la mitad del porcentaje 49% (Tabla 33). Únicamente en la terraza +8-10 m. (L3) la fracción pesada alcanza sólo el 21%. Esta desproporción de los porcentajes entre los sedimentos actuales y la terraza +8-10 m., nos hace pensar en la rápida alteración que han podido sufrir los minerales pesados ya que la procedencia es la misma.

	Fr. Pesada	Fr. Ligera
L3 T(8-10m) M.I.	21%	79%
L2 Llan.Inundación	40%	60%
L1 Barra Actual	49%	51%

Tabla 33. Porcentajes de la fracción pesada y ligera del perfil de Ligüerre de Ara.

La fracción pesada de todos los depósitos presenta turmalina y circón. La turmalina con $33 \pm 10\%$ (Tabla 34), alcanza su máximo en la barra actual (L1) con un 46% y el mínimo en la llanura de inundación (L2) con 23%. El circón $28 \pm 1\%$, es constante en todas las muestras. La figura 84 representa la altísima proporción de turmalina, circón y rutilo que ostenta la barra actual, no indicando porcentajes tan elevados la T+8-10 m. (L3) y la llanura de inundación. El resto de minerales no aparecen en las tres muestras, y así la biotita no se reconoce en la barra actual L1, tomando L2 y L3, valores próximos al 24%. Algo similar ocurre con la distena sólo existente en L2 (16%) y L3 (7%).

La fracción ligera tiene en común cuarzo, moscovita y carbonato. El cuarzo $22 \pm 4\%$, consigue su valor máximo en la llanura de inundación (L2) (27%) estando las otras dos tomas con idéntica concentración (19%). La moscovita $15 \pm 8\%$, alcanza valores muy dispares, 7% en L1, 13% en L2 y 26% en L3. Por último, los carbonatos $44 \pm 10\%$, como viene siendo habitual es el mineral más abundante de la fracción ligera; toman el valor máximo en L3 (55%) y el mínimo, 30% en L2. Sólo se reconocen feldespatos en L1 y L2, con valores muy similares, próximos al 29%.

	TUR	CIR	RUT	BIO	CLO	EST	EPI	HIP	HOR	SIL	ANA	FLU	DIS	BRQ	AND	CUA	FEL	MOS	CAR
	Fracción pesada															Fracción ligera			
L1	46	28	24	--	--	--	--	--	--	--	--	2	--	--	--	19	28	7	46
L2	30	28	--	26	--	--	--	--	--	--	--	--	16	--	--	27	30	13	30
L3	23	29	13	22	--	6	--	--	--	--	--	--	7	--	--	19	--	26	55

Tabla 34. Composición mineralógica de la fracción pesada y ligera del perfil de Ligüerre de Ara expresada en %.

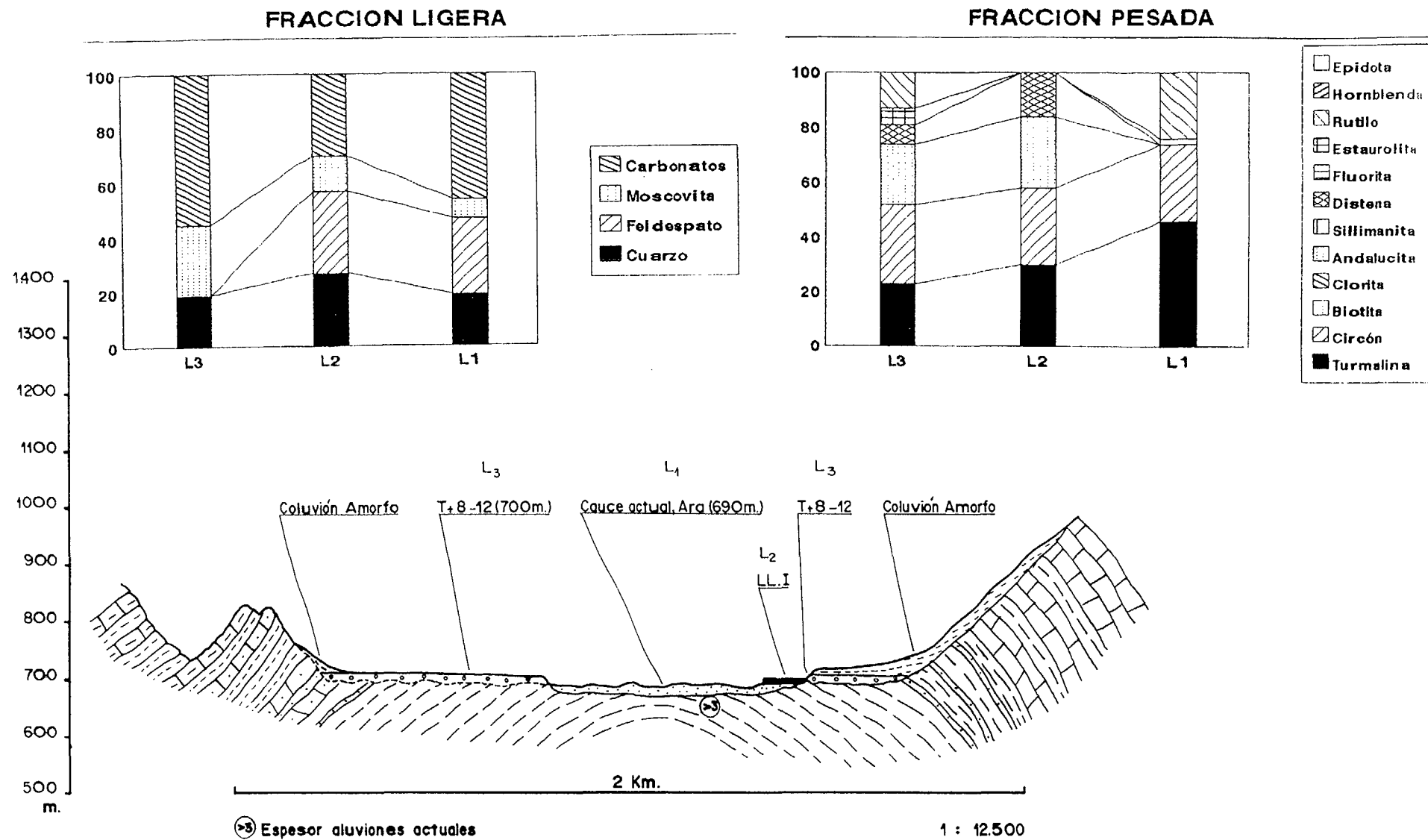


FIG 84 PERFIL LIGUERRE

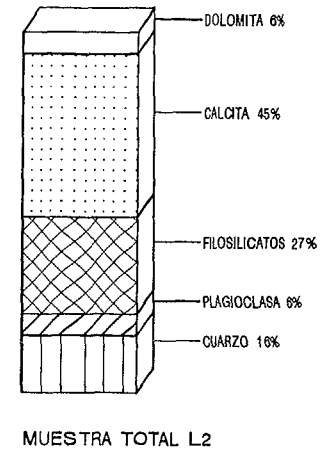
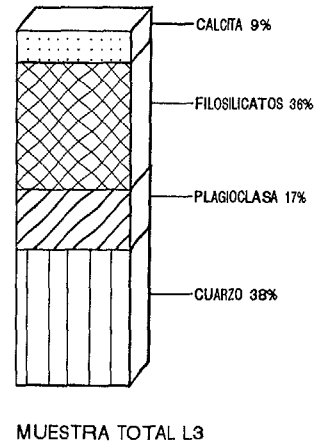
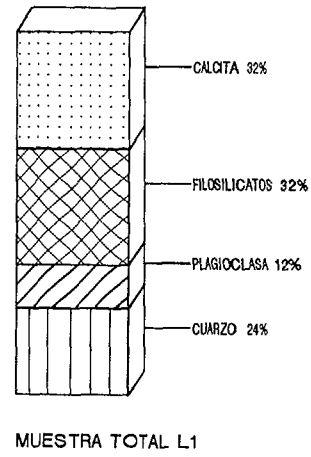


FIGURA 86 . HISTOGRAMA MINERALOGICO DEL PERFIL DE LIGÜERRE DE ARA.

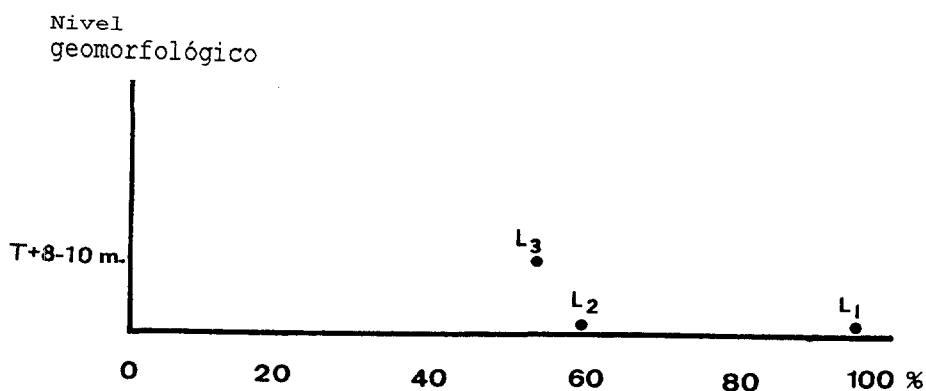


Fig. 85. Evolución de los porcentajes de turmalina + circón + rutilo en función de la edad de los depósitos.

La mineralogía de la muestra total reproduce una situación en la que la toma L2 es eminentemente carbonatada frente a L3 silícica y de composición equilibrada para L1. En todas las muestras se presentan feldespatos, predominantemente calco-sódicos y con filosilicatos que alcanzan $32 \pm 5\%$ (Tabla 35 y Fig.86).

La naturaleza de los minerales de la arcilla se resume en algo ya visto; la presencia simultánea de caolinita, illita y esmectita, con indicios de interestratificado illita-esmectita en L3, en esta toma merece especial atención el descenso de la concentración de la illita en beneficio de la caolinita. La esmectita no presenta un índice de BISCAÏE considerable, ni la cristalinidad de la illita es buena.

MUESTRAS	Carb. %	Q %	FK %	F.CaNa %	Anfib. %	Hemat. %	Filo. %	K %	Il %	S %	C %	Se %
L1 Barra Actual	32	24	0,5	12	-	-	32	16	79	5	0	0
L2 Llan. Inundación	51	16	0,5	6	-	-	27	14	73	3	0	0
L3 T(8-10m) M.I.	9	38	0,5	17	-	-	36	21	61	18	0	0
Desviación Estandar	21	11	0,0	6	0,0	0,0	5	4	9	8	0	0
Media Aritmética	31	26	0,5	12	0,0	0,0	32	17	71	9	0	0
Coefficiente Variación	0,69	0,43	0,00	0,47	0,00	0,00	0,14	0,21	0,13	0,94	0,00	0,00

Tabla 35. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas con sus parámetros estadísticos.

En la composición química, la concentración de Al_2O_3 es baja, en comparación con otros perfiles, pero con valores muy parecidos en las tres tomas demostrado con un coeficiente de variación de 0,01 (Tabla 36). Para el MgO la toma de la terraza +8-10 m. es la de mayor concentración (1,33%) con valores idénticos para la barra y

la llanura de inundación. Para los valores de CaO, la llanura de inundación es la de mayor contenido y mínimo en la terraza +8-10 m.

Por su parte los óxidos de hierro y manganeso toman valores caso idénticos, correspondiendo la mayor cantidad a los óxidos que se encuentran en estado cristalino, aunque no son diferencias tan acusadas como en las que se encuentran en otros cortes.

MUESTRAS	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Ti O ₂ %	MnO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
L1 Barra Actual	2,66	5,39	0,70	8,43	1,60	0,18	0,02	15,51	65,51
L2 Llan.Inundación	2,22	9,17	0,75	10,22	1,72	0,20	0,01	15,26	60,15
L3 T(8-10m) M.I.	2,90	1,08	1,33	14,19	1,39	0,13	0,02	15,74	63,22
Desviación Estandar	0,39	4,05	0,35	2,95	0,17	0,08	0,01	0,24	2,69
Media Aritmética	2,59	5,21	0,93	10,95	1,57	0,11	0,02	15,50	62,96
Coefficiente Variación	0,31	0,77	0,36	0,27	0,11	0,73	0,25	0,01	0,04

Tabla 36. Composición química de elementos mayoritarios y sus parámetros estadísticos.

Las muestras que presenta este perfil presentan un contenido en hierro total muy similar (Fig 87). La llanura de inundación (L2) es la de menor porcentaje (2,22%), seguida de la barra actual (L1) con un 2,66% (Tabla 36). Como viene siendo habitual (en la mayoría de los casos) el aluvionamiento más antiguo (en este caso la T +8-10 m.; L3) es el que presenta mayor contenido en hierro total (2,90%).

MUESTRAS	Fe am. 0,01%	Mn am. 0,01%	Fe cr. 0,1%	Mn cr. 0,1%
L1 Barra Actual	12	0,30	5	0,30
L2 Llan.Inundación	3	0,52	12	1,29
L3 T(8-10m) M.I.	13	1,51	14	0,62
Desviación Estandar	6	0,64	5	0,50
Media Aritmética	9	0,77	10	0,73
Coefficiente Variación	0,59	0,83	0,45	0,69

Tabla 37. Composición química de hierro y manganeso amorfo y cristalino.

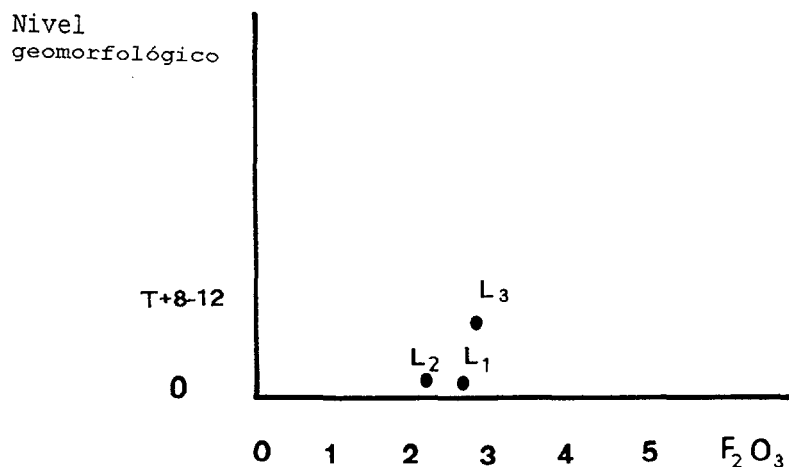


Figura 87. Variaciones del contenido de hierro total en función de la antigüedad de la terraza.

En los elementos minoritarios son de concentración muy parecida el plomo, cobre, cromo, níquel y circonio en la barra actual y en terraza (8-10 m.), tomando un alto valor en la llanura de inundación (18 ppm). De nuevo el cinc, es el que alcanza mayor variabilidad sobre todo en la barra actual y en la terraza (8-10 m.) próximos a 300 ppm, y con 170 ppm en la llanura de inundación lo que determina un coeficiente de variación del 0,31%.

MUESTRAS	Pb ppm	Cu ppm	Zn ppm	Cr ppm	Ni ppm	Zr ppm
L3 T(8-10m) M.I.	9	16	328	10	6	5
L2 Llan.Inundación	8	13	167	9	5	6
L1 Barra Actual	10	18	273	12	6	6
Desviación Estandar	1	3	82	2	1	0,6
Media Aritmética	9	16	26	10	6	5,7
Coeficiente Variación	0,11	0,16	0,31	0,14	0,10	0,1

Tabla 38. Composición química de oligoelementos y sus parámetros estadísticos.

5. PERFIL DE PLANILLO

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

Este perfil ha sido realizado entre las localidades de Planillo y Jánovas. En la figura 88 aparece una numerosa sucesión de niveles de fluviales siendo el más alto el que se sitúa a +55-60 m. y el más bajo una terraza +8-12 m.

Los testigos detríticos más antiguos se asocian a unas morfologías de aspecto cóncavo, y asociados a glacis que se modelan sobre los grandes conos localizados a la salida de los barrancos en ambas márgenes del río.

En la margen derecha nos encontramos uno de los glacis-conos más antiguos que aparecen en el valle del río Ara, situándose a +110-115 m. sobre el cauce actual y justo a la salida del Barranco de las Viñas. Las formaciones detríticas que componen esta morfología son de aspecto caótico, con un espesor de 8-10 m. y fuerte pendiente hacia el río Ara. Su topografía está muy degradada por las acciones erosivas posteriores y han sido incididas por el cauce del Barranco Viñas.

Encajado por debajo aparece otro glacis-cono localizado, a +55-60 m. sobre el cauce actual, que poco a poco da paso a los aluviones arrastrados por el río Ara constituyendo la terraza +55-60 m. Una de las notas distintivas de sus aluviones, y que va a caracterizar todas las morfologías sitas +55-60 m. sobre el cauce encontradas aguas abajo hasta Ainsa, va a ser su aspecto muy rubefactado.

A continuación se dispone por debajo de la anterior la terraza +8-12 m. visible en ambas márgenes del río, aunque como ya viene siendo habitual, en la otra margen su extensión es menor y su techo se encuentra fosilizado por un pequeño cono.

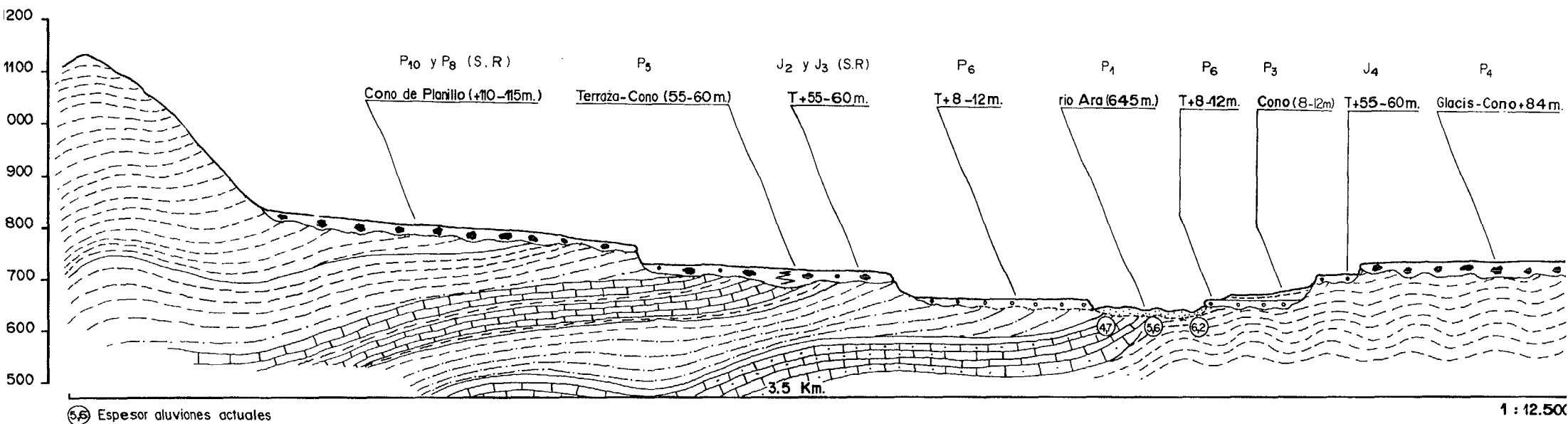


FIG. 88. PERFIL DE PLANILLO (AGUAS ARRIBA DE JANOVAS)

Ya en la margen izquierda encontramos una pequeña representación de la terraza +55-65 m. Se caracteriza por una matriz rojiza y un material altamente cementado, como corresponde a este nivel de aterrazamiento. Esta terraza se dispone escalonada bajo el amplio glacis-cono que a una altura de 80 metros sobre el cauce actual, deja el barranco de Guarga-Cajol.

Los aluviones actuales tienen un espesor mayor en la orilla izquierda del cauce, llegando a alcanzar los 6,20 metros, mientras que en la margen derecha llegan a 4,70 metros (según los datos de los sondeos para la presa de Jánovas facilitados por Iberdrola).

5.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

BARRA ACTUAL (Muestra P1)

Característica generales de la muestra.

COLOR: 2.5Y 6/2

ESTRUCTURA: débil.

CONSISTENCIA EN SECO: blanda.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: nulo.

CONTENIDO EN RAICES: escasas y finas.

POROSIDAD: nula.

El depósito que vamos a analizar a continuación corresponde a una barra central del río Ara. Por lo que se observa a primera vista y de forma habitual, los materiales más gruesos se disponen en la cabeza de la barra, mientras que los más finos se encuentran en la punta (o parte delantera).

Apenas se encuentra colonizada por la vegetación por lo que en momentos de fuertes lluvias es muy probable que se inunde por el agua.

Litofacies y estructura sedimentaria; Gravas masivas con estratificación horizontal a veces algo imbricada. Facies Gm.

Análisis de la fracción gruesa

El histograma granulométrico del aluvionamiento actual (Fig.89) presenta un aspecto simétrico y una base bastante desarrollada con una buena clasificación de sus elementos. Los máximos se sitúan en 8-12 cm. y 12-16 cm. acumulando casi la mitad de los sedimentos (49%) del total muestreado. La mediana es alta con 12 cm. y el centilo tiene un valor acusado (65 cm.) en arenisca. El número de bloques superior a 24 cm. no es muy alto (5%).

Desde el punto de vista litológico hay una indudable igualdad entre el porcentaje de material calizo (50%) y arenisco (49%). Los granitos tienen una representación muy poco significativa, situándose únicamente un 1% en el umbral de 4-6 cm. (Fig.89).

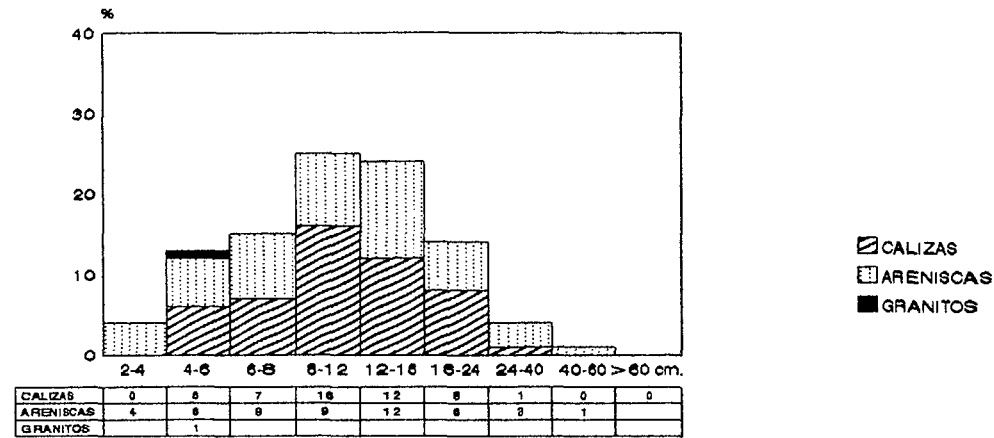
Respecto al histograma de desgaste (Fig.89) podemos decir que presenta una mediana muy alta 300 con un elevado número de cantos con desgastes superiores a 250 (66%) de los cuales un 8% superan desgastes de más de 500. Todo ello evidencia que la dinámica actual del cauce sigue siendo eminentemente torrencial y enérgica. Igualmente de esta forma se explica el escaso número de elementos con desgaste inferiores a 100 (2%) en buena parte producido por efecto de choque y rotura de los cantos.

El histograma de aplanamiento presenta un perfil unimodal (Fig.89) con un máximo en el umbral 2,00-2,25. La mediana es típica de la litología caliza 2,17 y el aspecto cúbico de los cantos (por debajo de 1.5) vuelve a sugerir una fuerte torrencialidad aunque tampoco hay que menospreciar los aportes de ladera representados por aplanamientos superiores a 2.5.

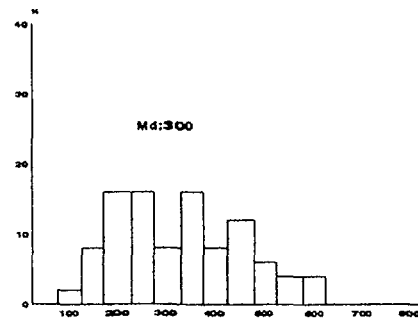
Análisis de la fracción fina.

En la distribución de arenas, limos y arcillas esta barra actual pone de manifiesto unos valores claramente arenosos 80%. El

P1 Barra actual.



Indice de Desgaste
PLANILLO P1. BARRA ACTUAL



Indice de Aplanamiento
PLANILLO P1. BARRA ACTUAL

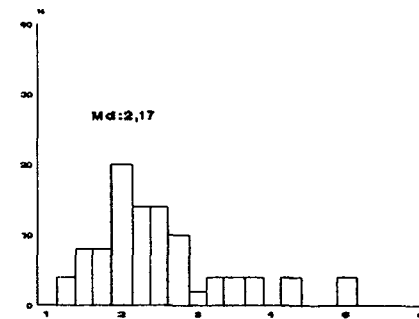


FIG. 89. RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

bajo porcentaje de los limos se sitúa en 3%, mientras que la fracción arcillosa se mantiene con un 17% siendo estos dos valores los más bajos de arcilla y limo de todo el perfil de Planillo (Fig.99).

Histograma ligeramente bimodal (Fig.97), con importantes modas en las arenas finas (los tres últimos tamices retienen el 85,31% de la muestra total). Los materiales analizados en este ambiente son sumamente homométricos gozando de una clasificación bastante buena para tratarse de un medio fluvial. El claro predominio de calibres finos sobre los más gruesos indica desde un primer momento que la decantación ha sido más importante que el lavado (Tabla 41).

La curva (Fig.96) es de transición entre hiperbólica e hiperbólica de tipo sigmoidal con sedimentación libre por exceso de carga. Todo ello ratifica las afirmaciones anteriores, así como la escasa energía del medio en el momento de la sedimentación. La curva es simétrica por lo que todo el material presenta idéntica clasificación. El valor de La kurtosis ligeramente alto (1,12) indica que la deposición se realizó con ligeros cambios de la velocidad de la corriente.

Al tratarse de una barra es posible que la acumulación del sedimento fino sea posterior a la acumulación de los cantos y gravas que configuran el depósito, habiéndose producido ésta por un proceso de colmatación de macroporos.

5.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS

TERRAZA +8-12 m. Margen Derecha (Muestra P6)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 4/4
 ESTRUCTURA: débil.
 CONSISTENCIA EN SECO: blanda.
 CUTANES: no se observan.
 CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: no tiene.
 CONTENIDO EN RAICES: muy finas y escasas.
 POROSIDAD: poca.

Esta terraza presenta una morfología eminentemente plana y un espesor de unos 5 metros. Es frecuente que en épocas de fuerte caudal el río erosione los márgenes de esta acumulación. El material que se encuentra en ella es pequeño con bandas de materiales muy cementados (casi conglomeráticos).

Litofacies y estructura sedimentaria; Gravas masivas con estratificación horizontal. Facies Gm.

Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico que presenta este depósito (fig.) recuerda bastante la barra actual anteriormente comentada lo que denuncia condiciones de sedimentación muy semejantes. Las únicas diferencias que se aprecian son:

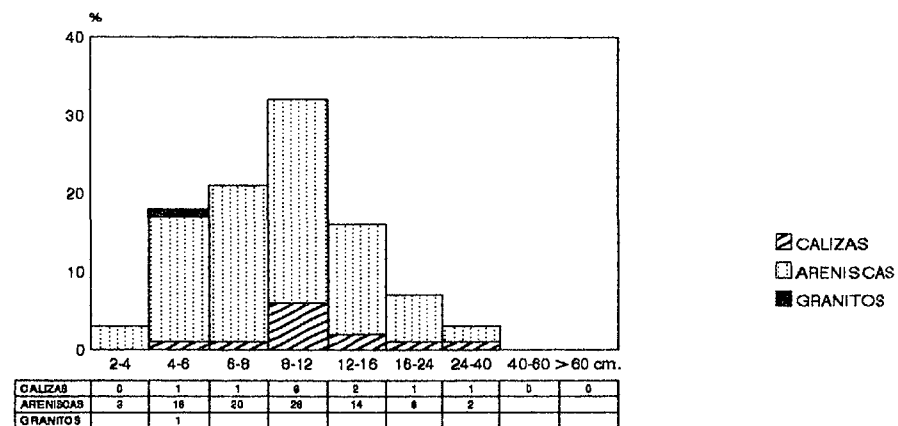
- Un aumento del porcentaje de cantos en los grupos granulométricos de 4-6 cm. (con un 6% más) y de 6-8 cm. (con un 3% más).
- Un máximo mucho más destacado, aunque sigue situando en el umbral 8-12 cm. (Fig.90).

La mediana es de 10 y el centilo desciende hasta 30 cm. en arenisca. El porcentaje de bloques que superan los 24 cm. es tan sólo de un 3%.

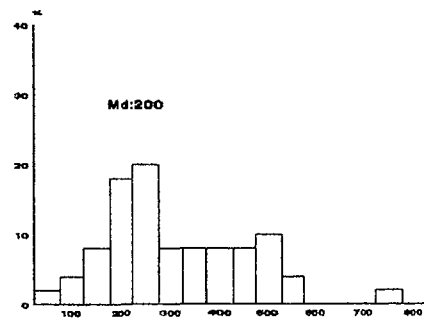
Donde si se aprecian grandes diferencias es en la distribución litológica (Fig.90), puesto que las calizas descienden hasta un 12% mientras que las areniscas aumentan un 87%. Los granitos se sitúan en idéntica posición (8-12 cm.) y con igual porcentaje (1%).

Respecto al desgaste la mediana ha disminuido su valor a 200

P6 Terraza 8-12m.



Indice de Desgaste
PLANILLO P6. TERRAZA 8-12m M.D.



Indice de Apilamiento
PLANILLO P6. TERRAZA 8-12m M.D.

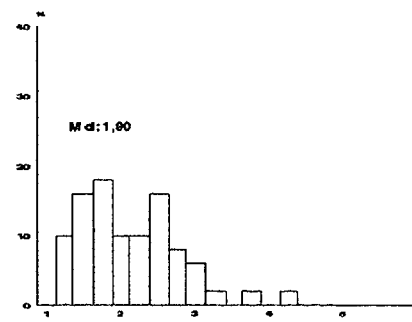


FIG. 90. RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

aunque el porcentaje de elementos con desgastes superiores a 250 es similar 54%, de los cuales un 6% pertenecen a desgastes superiores a 500. El número de cantos con desgaste inferior a 100 aumenta hasta un 6% (Fig.90).

Tanto el histograma de aplanamientos (Fig.90) como el de desgaste se realizó en arenisca (debido al escaso número de elementos calizos). En consecuencia a este tipo de litología el valor de la mediana desciende hasta 1,9. Pero la principal diferencia con respecto a todo el perfil de Planillo es la disminución de material con fuerte aplanamiento (36%) mientras que este descenso actúa lógicamente a favor de los cantos menos aplanados (inferiores a 1.5) que aumentan hasta un 26%. Todo esto unido al bajo porcentaje de bloques al igual que un centilo bajo, está indicando posiblemente una dinámica menos eficaz, con menor cantidad de arrastres longitudinales y presencia de aportes cercanos y laterales de arenisca.

Análisis de la fracción fina.

En el distribución de arenas, limos y arcillas, esta terraza ofrece un porcentaje de arenas, algo superior a la mitad de la muestra (56%). El valor de los limos es el más alto de todo el perfil (18%) y la fracción arcillosa sigue estando bastante bien representada (26%) (Fig.99).

Histograma granulométrico ligeramente trimodal con una importante acumulación de arena gruesa y media lo que se traduce en una mezcla de sedimentos (Fig.98).

La curva es fuertemente parabólica con un déficit de finos que muy posiblemente han sido lavados (los dos últimos tamices apenas contienen sedimento) (Fig.96). La clasificación es relativamente buena y la talla media es elevada (1000 μ). La acumulación ha sido forzada, pudiendo deberse a la dinámica menos eficaz detectada en la fracción gruesa, a causa de una brusca disminución de la pendiente, ya que la fracción fina ha seguido aguas abajo. Dentro del espectro

granulométrico el material más fino está mejor clasificado que el grueso como demuestra la skewness fuertemente positiva (0,36) (ver tabla 41). La intensidad de flujo del agente de transporte no ha experimentado variaciones.

TERRAZA-CONO +8-12 m. Margen Izquierda (Muestra P3)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 4/4

ESTRUCTURA: de débil a moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: muy pocos.

CONTENIDO EN RAICES: muy escasas y finas.

POROSIDAD: poca.

Este depósito se caracteriza por el cambio lateral que presenta el material que lo compone. Comienza con un material aplanado y aristado de procedencia lateral, para poco a poco, conforme nos acercamos al lecho del río, ir cambiando a cantos más rodados. Estos cambios en la morfometría del material, también se advierten litológicamente;

en el cono no aparecen granitos, mientras que a medida que nos acercamos al cauce, paulatinamente, van surgiendo con mayor frecuencia, confirmando la procedencia longitudinal de la carga aluvial.

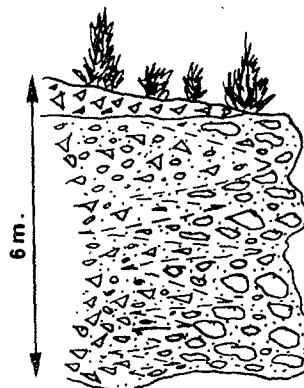


Fig. 91a. T-Cono 8-12 m.

El espesor es de unos 6 metros. En general, todo el material es bastante homométrico, tanto el de procedencia lateral como

longitudinal. La matriz es bastante rojiza, como caracteriza a las terrazas de esta zona.

Así pues, esta terraza ofrece hacia la vertiente un gradual paso de sus aluviones hacia los materiales que arrastrados por el Barranco de Guarga-Cajol, generan en su desembocadura un cono. Se trata pues de un Terraza alimentada por aportes laterales que se hacen más notables a medida que nos alejamos del cauce del río Ara.

Litofacies y estructura sedimentaria; Gravass masivas con estratificación horizontal. Facies Gm.

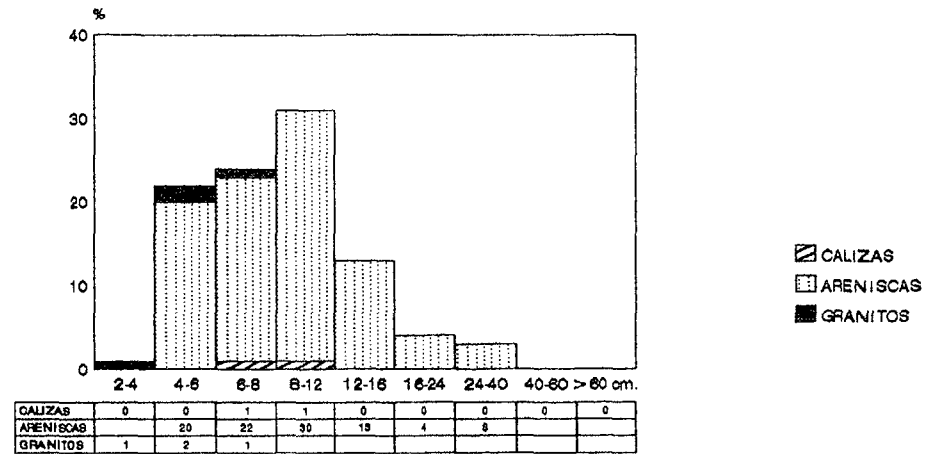
Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico (Fig.91) de esta acumulación es prácticamente idéntico al de la terraza +8-10 m. de la margen opuesta. El único máximo se sitúa en el intervalo 8-12 cm. con un 32% del total del material muestreado. También son exactas al anterior depósito, el valor de la mediana (10 cm) y el número de cantos que supera los 24 cm. (3%). El centilo en litología areniscosa aumenta su tamaño hasta 40 cm.

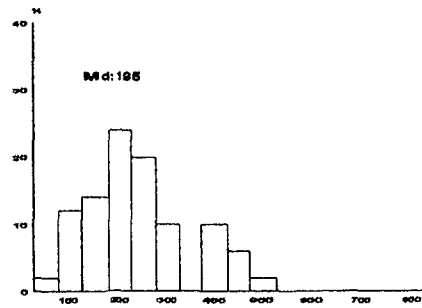
Respecto a la litología de los aluviones se advierte un mayor porcentaje de granitos, situándose en los intervalos de cantos pequeños. Las calizas muestran un notable descenso (2%) en favor de las areniscas que alcanzan hasta un 94% (Fig.91).

El histograma de desgaste (Fig.91) es unimodal, situándose su máximo en 150-200. La mediana se sitúa en 195 (la más baja del perfil). Los porcentajes de elementos con desgaste inferior a 100 son bastante elevados 14%, mientras que el desgaste superior a 250 sólo está representado por un 28% del material. Ello sugiere un aporte lateral importante unido a una dinámica fluvial menos eficaz, fenómenos detectados en la morfología del depósito y en la litología.

P3 Terraz-Cono 8-12m



Indice de Desgaste
PLANILLO P3. CONO 8-12m M.I.



Indice de Aplanamiento
PLANILLO P3. CONO 8-12m M.I.

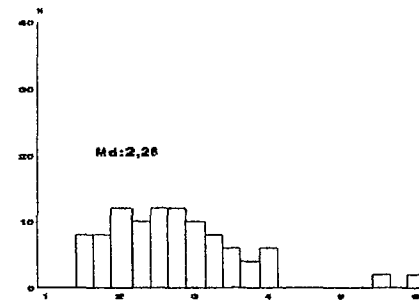


FIG. 91. RASGOS LITOLOGICOS, GRANULOMETRICOS Y MORFOMETRICOS.

Respecto al histograma de aplanamiento no aparecen máximos muy destacados (Fig.91) diseñando un histograma bastante compacto. La mediana es alta para tratarse de una litología areniscosa (2,26) con un índice de aplanamiento muy elevado ya que 62% de los cantos superan el límite de 2,5. Únicamente 8 elementos se sitúan por debajo de 1,5.

Análisis de fracción fina.

El reparto de arenas, limos y arcillas se realiza de forma muy parecida al Cono +84 m (inmediatamente superior altitudinalmente a este). El porcentaje de arena es algo más de la mitad de la muestra (59%), el valor de los limos sigue ascendiendo (13%) y las arcillas están bien representadas (28%) (Fig.99).

La principal característica de esta muestra es su gran heterometría. El histograma (Fig.97) se presenta trimodal con un máximo en cada fracción arenosa (el tamiz de 1 mm. acumula el 20,95%, el tamiz de 0,5 mm, un 20,86% y el de 0,125 mm, un 10,63% de la fracción arenosa total). No se observan retenciones importantes en ninguno de los tamices.

La curva acumulativa es parabólica, lo que nos sugiere que la sedimentación es forzada (Fig.96). La clasificación del material es muy mala sobre todo, el índice de Trask (7,73) y la talla media del material es elevada con 578 μ (Tabla 41). La simetría es positiva estando la fracción fina mejor clasificada que la gruesa. La kurtosis (0,83) se sitúa por debajo de 1 lo que sugiere fluctuaciones en la velocidad del agente y remociones post-deposicionales.

Es muy probable que la deposición se produjera como consecuencia de una brusca disminución de la pendiente lo que se tradujo en una desaceleración de la velocidad del agua

TERRAZA-CONO +55-60 m. Margen Derecha (Muestra P5)**Características generales de la muestra.**

COLOR: 7.5YR 3/4

ESTRUCTURA: moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: duro o ligeramente duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: pocos (de 5 a 15%)

CONTENIDO EN RAICES: pocas y muy finas o fina.

POROSIDAD: poca.

Al igual que la muestra anterior este depósito le hemos denominado terraza-cono por tratarse de terrazas alimentadas por aportes laterales y que gradualmente van dando paso a los aluviones típicos del río Ara.

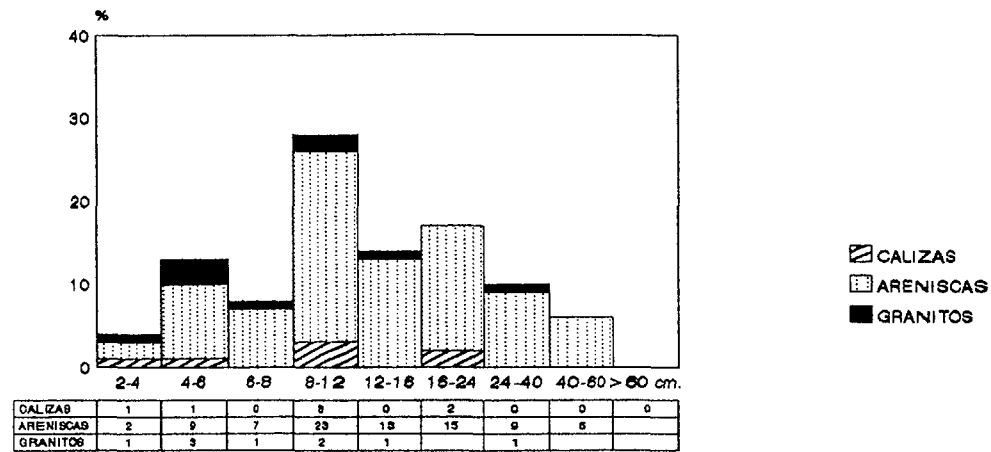
Esta acumulación se caracteriza fundamentalmente por la gran cantidad de bloques que en ella se encuentran (hasta de 1 metro de diámetro.) Los granitos siguen siendo de gran tamaño (de 40 a 60 cm.) y están muy alterados. La terraza tiene unos 6 m. de espesor y se apoya directamente sobre el sustrato margoso. Su morfología es plana y recuerda a la T +55-65 m. de Ainsa y a la T +58-64 m. del Anticlinal de Boltaña (situados aguas abajo) por su aspecto altamente rubefactado.

Litofacies y estructura sedimentaria; Gravas masivas con estratificación horizontal. Facies Gm.

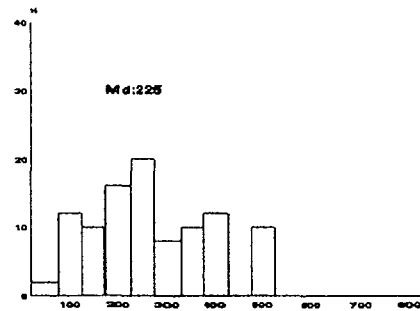
Análisis de la fracción gruesa.

Esta antigua terraza-cono presenta un histograma granulométrico polimodal con un máximo principal en el intervalo 8-12 cm. (como ya viene siendo habitual) y secundarios en 16-24 y 4-6 cm. respectivamente (Fig.92). Llama la atención sobre todo el cambio granulométrico sufrido en este depósito, ya que la fracción granulométrica más pequeña es la peor representada con un 24%, mientras que la fracción media y gruesa suman un 76% en total. La mediana es moderadamente elevada 11cm. al igual que el centilo de

P5 Terraza 55-60m.



Indice de Desgaste
PLANILLO P6. CONO 55-60m M.D.



Indice de Aplazamiento
PLANILLO P5. CONO 55-60m M.D.

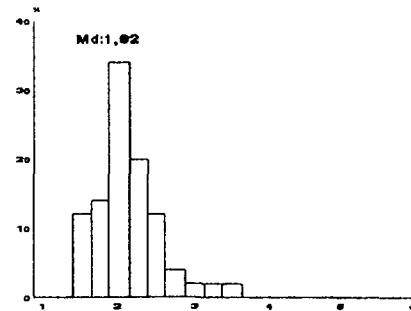


FIG. 92. RASGOS GRANULOMETRICOS, LITOLOGICOS Y MORFOLOGICOS.

102cm. en arenisca; pero lo más significativo vuelve a ser el alto porcentaje de bloques superiores a 24 cm. que llega hasta un 16%. Todo ello confiere una dinámica pretérita del cauce que permitía movilizar grandes cantidades de bloques.

En cuanto a la litología (Fig.92) continúa el predominio de las areniscas (84%) frente a la caliza (7%). Es importante destacar el alto porcentaje de los arrastres típicos de cabecera, los granitos con un 9% y que en este caso llegan a superar a las calizas en tres puntos.

Respecto al histograma de desgaste al igual que el granulométrico, ofrece varios máximos (Fig.92), que posiblemente indican distintas procedencias de los materiales. La mediana es bastante alta (225) y el porcentaje de elementos con desgaste inferiores a 100 es alto (14%) manifestando un aporte lateral. El desgaste de elementos superiores a 250 tampoco es despreciable, ya que llega a un 40%, señalando muy posiblemente aportes longitudinales.

El histograma de aplanamiento es unimodal, con un máximo destacadísimo en el intervalo 2,00-2,25 (Fig.92). La mediana moderadamente baja se sitúa en 1,92 y al igual que en el desgaste aparecen tanto cantos muy poco aplanados (12%) como muy redondeados (22%).

Análisis de la fracción fina.

La distribución del material detrítico, es decir, arenas limos y arcillas es muy similar a la Terraza +8-10 m de la margen derecha. El porcentaje de arenas es el mismo (56%) y las fracciones de limo y arcilla están bien representadas (15% y 29% respectivamente) (Fig.99).

Histograma trimodal con gran heterometría de los sedimentos (Fig.97). Existe un máximo en cada una de la fracciones arenosas y en

los mismos tamices que en las muestras P3 y P4. En el tamiz de 1 mm. se acumula el 34,24%, mientras que en el 0,5 mm. se retiene el 17,18% y finalmente, en el 0,125 mm. un 6,50% del total de la fracción arenosa.

La curva es parabólica (Fig.96) bastante forzada con retención de los tamices de mayor envergadura. La talla media del material (Tabla 41) es muy alta (940 μ) y la clasificación es moderada. La skewness (0,53) indica una mayor presencia de la fracción fina que de la fracción gruesa. El medio de depósito no ha experimentado fluctuaciones en la velocidad del agente y se producen han sido de corta duración. Aparecen indicios de remoción deposicional con un claro lavado de finos. La acumulación ha sido forzada existiendo un claro predominio del lavado sobre la decantación.

GLACIS-CONO +84 m Margen Izquierda (Muestra P4).

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 5/6
 ESTRUCTURA: de débil a moderada.
 CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.
 CUTANES: no se observan.
 CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: pocos.
 CONTENIDO EN RAICES: nulo.
 POROSIDAD: nula.

Este glacis-cono se ubica a la salida del barranco de Guarga-Cajol con la confluencia del valle de Ara. Sus materiales recuerdan, extraordinariamente, a los aluvionamientos actuales que estudiaremos más adelante en los barrancos de Sorrosal y el mismo Guarga-Cajol. Además no se han encontrado granitos lo que corrobora su procedencia lateral.

Esta acumulación se apoya directamente sobre el sustrato margoso donde los agentes erosivos se ceban formando grandes acaravamientos (Fig.93).

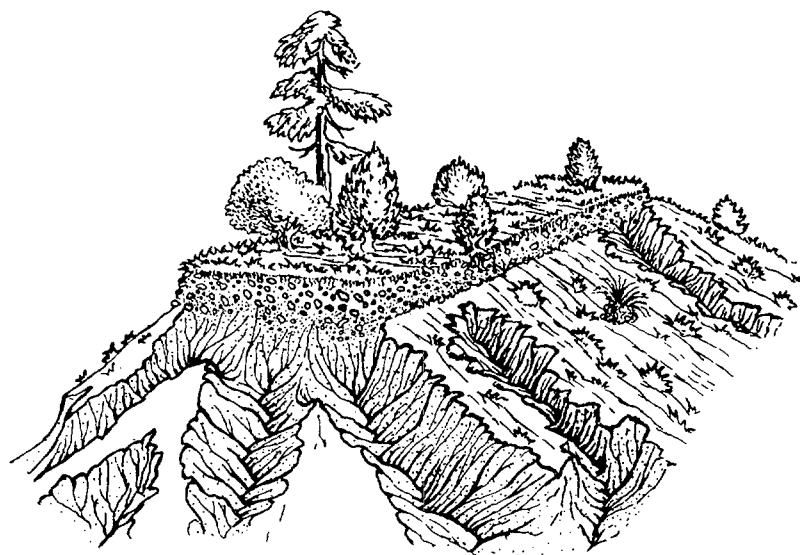


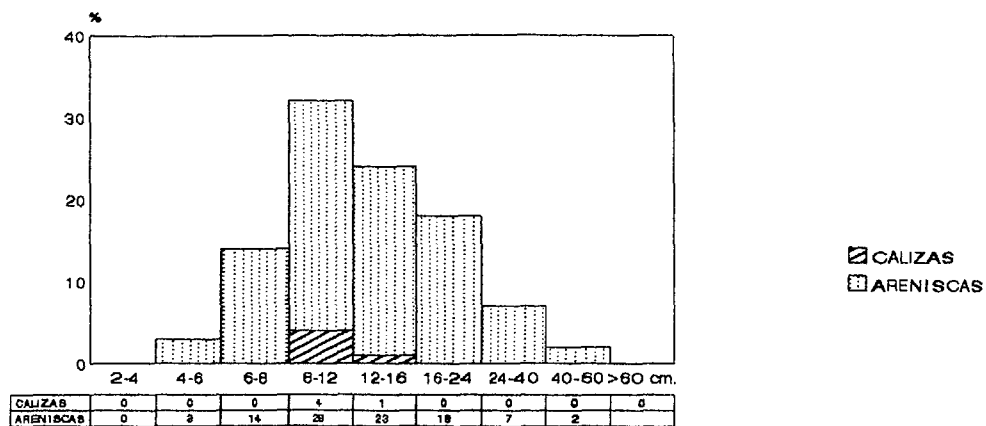
Fig. 93. Glacis-Cono 84 m.

Litofacies y estructura sedimentaria; Gravas masivas con textura no granosostenida. No presenta ninguna estructura sedimentaria. Facies Gms.

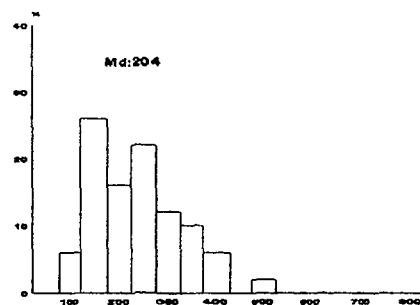
Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico es unimodal con un único máximo principal situado como ya viene siendo habitual en el intervalo 8-12 cm. (Fig. 94). La fracción granulométrica que acumula un mayor porcentaje de material es la de cantos medios con un 74%. La mediana es la más alta de todo el perfil con 13 cm', mientras que el centilo es moderado, 55 cm. en arenisca. El número de bloques que superan los 24 cm. es notable (9%) lo que nos hace pensar en un accionamiento fuerte de la dinámica de este barranco en aquel momento de la deposición del material.

P4 Glacis- Cono 84m



Indice de Desgaste
PLANILLO P4. GLACIS-CONO 84m M.I.



Indice de Aplanamiento
PLANILLO P4. GLACIS-CONO 84m M.I.

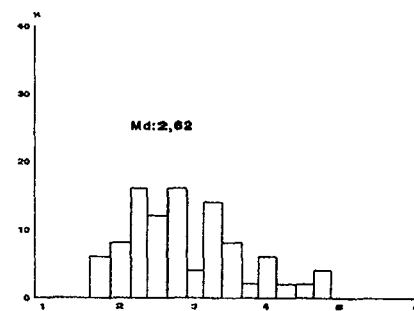


FIG. 94. RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

Como en las acumulaciones actuales de los Barrancos de Sorrosal, Chaté o Guarga-Cajol desde el punto de vista litológico, el contenido de calizas es muy bajo (5%) dando un claro predominio a las areniscas (95%) (Fig.94).

Respecto al histograma de desgaste (Fig.94), la mediana es moderada 204 ofreciendo un mayor desgaste (30%) en el depósito más antiguo. Tan sólo un 6% del material no supera un desgaste superior a 100.

En cuanto al aplanamiento hemos de decir que el material se presenta ciertamente aplanado con un 70% del material que supera el índice de 2.5; los cantos de aspecto esférico son nulos (con aplanamiento inferior a 1,5) (Fig.94).

Tanto el histograma de desgaste como el de aplanamiento de este depósito siguen teniendo gran semejanza con los aluvionamientos de los barrancos actuales, aunque si lo comparamos con el Guarga-Cajol se puede advertir un mayor desgaste así como un mayor aplanamiento.

	Glac.-Con. 84	
	P4	Bco. Guarga
GRANULO.		
Md cm.	13	13,5
Centilo cm.	55 (Ar)	110 (Ar)
% >24	9	10
LITOLOGÍA		
% Granito	-	-
% Arenisca	95	91
% Caliza	5	9
% Conglo.	-	-
DESGASTE		
Md cm.	204	138
% < 100	6	30
% > 250	30	18
% > 500	-	-
APLANAMIE.		
Md cm.	2,62	2,2
% < 1.5	-	10
% > 2.5	70	48

Tabla 39. Parámetros comparativos entre el barranco Guarga-Cajol y el Glacis-Cono +84 m.

De todo ello podemos deducir que la antigua dinámica de este barranco era mucho más completa y eficaz que en la actualidad.

Análisis de la fracción fina.

El reparto de las distintas fracciones granulométricas arenas, limos y arcillas, en esta muestra (y en casi todo el conjunto de Planillo se hace de forma bastante homogénea. El porcentaje de arena sigue siendo muy significativo (62%) aunque los limos ascienden notablemente (14%). Las arcillas están bien representadas con un 24% (Fig.99).

El histograma, como representa la figura 97 es trimodal, con un máximo en cada fracción arenosa aunque sin llegar a destacar ninguno de ellos. No aparecen retenciones importantes en ninguno de los tamices por lo que la afinidad textural de esta muestra es bastante baja.

En lo que respecta a la curva acumulativa (Fig.96), ésta refleja las mismas características que el histograma. Es de tipo parabólico con una clasificación del material que va de moderada a pobre. La skewness (Tabla 41) fuertemente positiva (0,27) refleja una mejor clasificación de la fracción fina. La kurtosis (0,83) sugiere existencia de procesos de remoción post-deposicional y variaciones en la velocidad del agente.

Es posible que los datos estén fuertemente perturbados por procesos diagenéticos que han alterado las características texturales de la acumulación.

CONO +110-115 m Margen Derecha (Muestra P10)

Características generales de la muestra.

COLOR: 5 Y 7/3
 ESTRUCTURA: fuerte.
 CONSISTENCIA EN SECO: muy duro.
 CUTANES: no se observan.
 CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: pocos.
 CONTENIDO EN RAICES: nulo.
 POROSIDAD: nula.

Este depósito presenta un espesor de 8 a 10 metros con una fuerte pendiente hacia el río Ara. Está situado a la salida de un los barrancos que confluyen en el valle del río Ara, por lo que su contenido en aportes laterales es muy elevado. Como venimos señalando las acumulaciones de este perfil de Planillo se caracterizan por su matriz de un tono rojizo intenso. Pensamos que pueda ser más que de acciones puramente químicas de la simple arenización y alteración de las areniscas (dada el alto porcentaje de éstas en esta parte del valle del río Ara '???').

Litofacies y estructura sedimentaria; Gravass masivas con estratificación horizontal. Facies Gm.

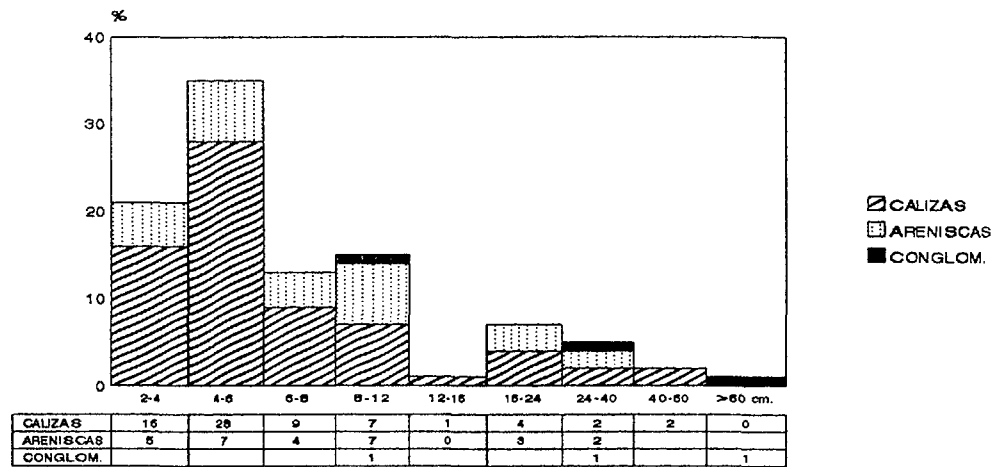
Análisis de la fracción gruesa.

Histograma granulométrico polimodal con tres máximos situados en los intervalos 4-6 cm., 8-12 cm. y 16-24 cm. respectivamente (Fig.95). Esta diversidad en las familias posiblemente está indicando (como en anteriores acumulaciones) distintas procedencias de los materiales. El grupo granulométrico mejor representado es la fracción de cantos pequeños que suponen un 69% de la muestra total. La mediana es baja 6 cm. mientras que el centilo es el más grande de todo el perfil llegando a los 200 cm. en material conglomerático. El porcentaje (8%) de elementos que superan el tamaño de 24 cm. (bloques pequeños) denuncia la alta torrencialidad del barranco al que pertenece este cono.

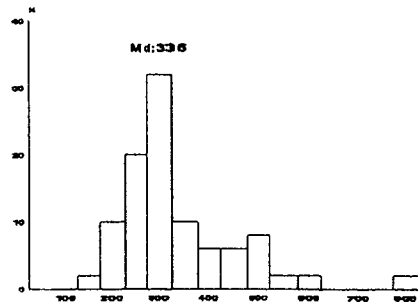
Respecto a la litología hay un marcado predominio de las calizas (69%) sobre las areniscas (28%), aportando una nueva clase de litología, los conglomerados con índices muy bajos (3%) (Fig.95).

El histograma de desgaste es unimodal con un máximo muy destacado en el umbral 250-300 (Fig.95). La mediana es muy alta situándose en 336 cm. Destaca sobre todo el elevadísimo desgaste de los materiales con un 74% donde un 6% son desgastes superiores a 500.

P10 cono 110-115m M.D.



Indice de Desgaste
PLANILLO P10. CONO 110-115m M.D.



Indice de Aplanamiento
PLANILLO P8. CONO 110-115m M.D.

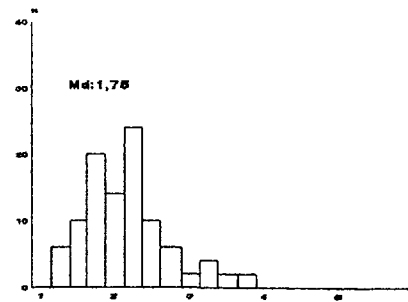


FIG. 95. RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOLÓGICOS.

Presentando el mayor porcentaje de elementos desgastados de todo el perfil.

El histograma de aplanamiento es trimodal con máximos situados en los intervalos 1,75-2,00, 2,25-250 y 2,75-3,00 (Fig.95). La mediana es moderada (2) y el porcentaje de cantos muy aplanados es del 50% únicamente un 4% no supera el umbral de 1,5.

Análisis de la fracción fina.

El reparto de las distintas fracciones granulométricas (arcillas, limos y arenas) de este depósito se ofrece especialmente significativo; ya que es la única muestra de todos los perfiles realizados a lo largo del río Ara, donde el porcentaje de arenas (40%) es superado por las arcillas (44%) (Fig.99). La representación de limos es también muy acusada (16%).

Este depósito, como muestra la fig.98, presenta un histograma polimodal con acumulaciones en todos los tamices, aunque con un ligero máximo en la fracción gruesa donde el tamiz de 1 mm. retiene el 28,32% del sedimento total.

La curva acumulativa (Fig.96) es claramente hiperbólica lo que nos indica acumulación semiforzada con retención selectiva de los calibres más gruesos y lavado de finos. La talla media del sedimento (Tabla 41) es alta (800 μ) y la clasificación es de moderada a pobre revelando una mayor presencia de la fracción fina. No existen fluctuaciones en la velocidad del agente, aunque si aparecen nítidas remociones deposicionales y lavado de finos.

SUELO SOBRE CONO +110-115 m. Margen Derecha (Muestra P8)

Características generales de la muestra.

COLOR: 7.5 YR 5/6

ESTRUCTURA: fuerte.

CONSISTENCIA EN SECO: muy duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: nulo.

CONTENIDO EN RAICES: muy pocas y finas.

POROSIDAD: nula.

Análisis de la fracción fina.

En la distribución general de las arenas, limos y arcillas, como manifiesta el diagrama triangular (Fig.99), se puede advertir que está es una de las muestras donde se alcanza una mayor proporción de arcillas (40%), igualando casi a la fracción arena (50%), siempre tan predominante en todos los depósitos. El limo es abundante como en casi todo el conjunto de depósitos de Planillo (10%).

El histograma que presenta esta muestra (Fig.98) es polimodal con una acumulación en cada una de las fracciones arenosas pero en porcentajes siempre inferiores al 20% por lo que la heterometría del material es bastante acusada.

La curva es ligeramente parabólica (Fig.96) debido a la mala clasificación que la hace más tendida. El depósito ha sufrido perturbaciones post-deposicionales, fundamentalmente, el desarrollo de un suelo lo cual supone un incremento de los elementos más finas (los tres últimos tamices). La talla media (Tabla 41) se sitúa entorno a las 530 μ y la skewness (0,26) es positiva aunque este dato está muy perturbado por procesos edafogenéticos que enmascaran la granulometría. La clasificación es mala como indica el índice de Trask (4,13) y el agente de depósito no superó su velocidad media aunque nos encontramos con aportes post-sedimentarios.

5.2 CONSIDERACIONES Y SÍNTESIS MORFOLÓGICA Y SEDIMENTOLÓGICA

Comentario general de los materiales gruesos.

Desde el punto de vista granulométrico el perfil de Planillo ofrece cierta heterometría. Los centilos presentan tamaños desde 2 m. (en conglomerados) en el Cono +110-115 m. hasta 30 cm. (en arenisca) en la T +8-10 m. (Tabla). Ninguna de los depósitos muestra centilos en litología caliza. El tamaño de los bloque superior a 24 cm. también ofrece una gran diversidad desde un 3% en el Cono +8-12 m. y la T +8-10 m. hasta un 16% en la T +55-65 m. (Tabla 40).

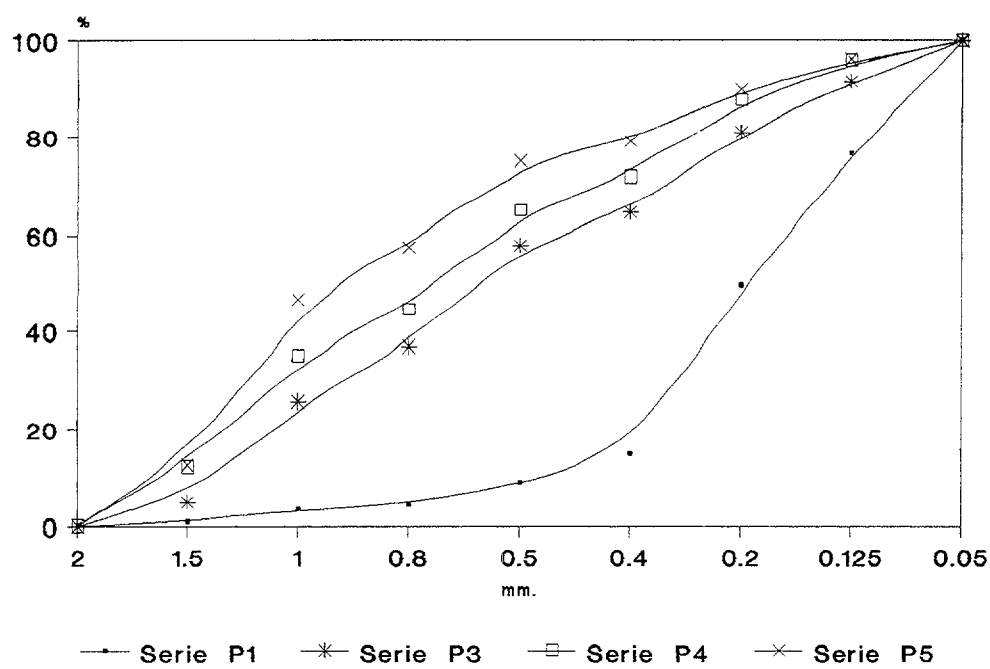
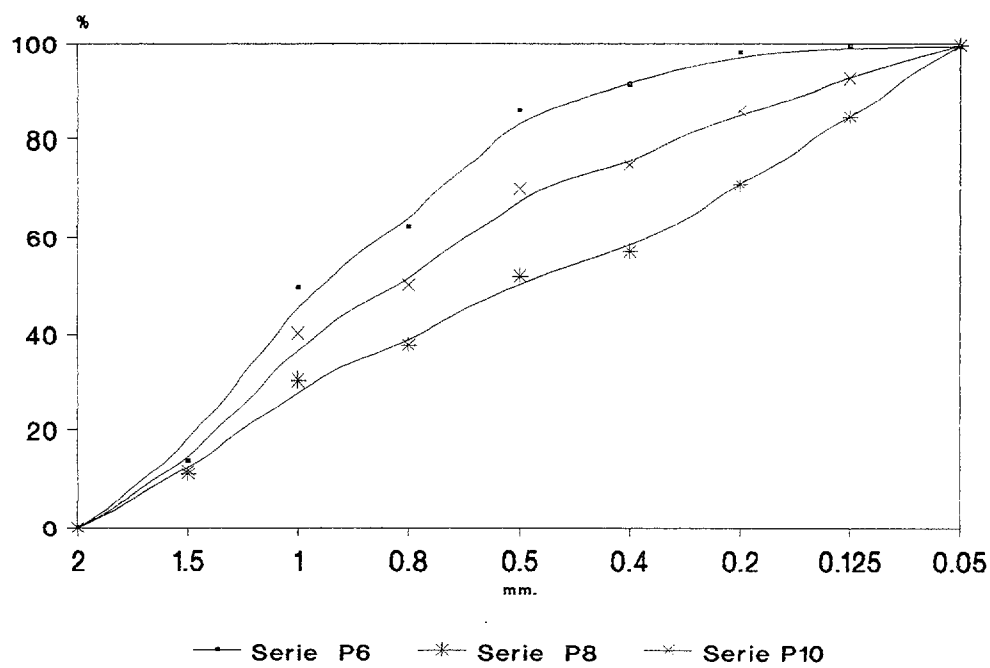


Fig. 96 . Distribución granulométrica de la fracción fina del perfil de Planillo



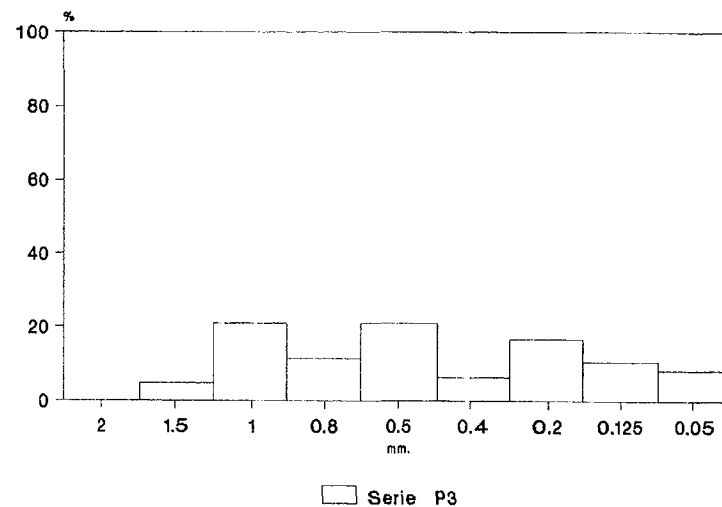
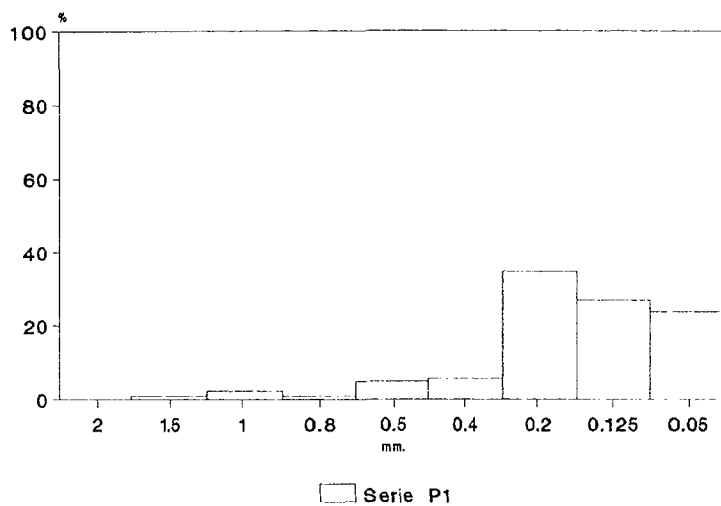
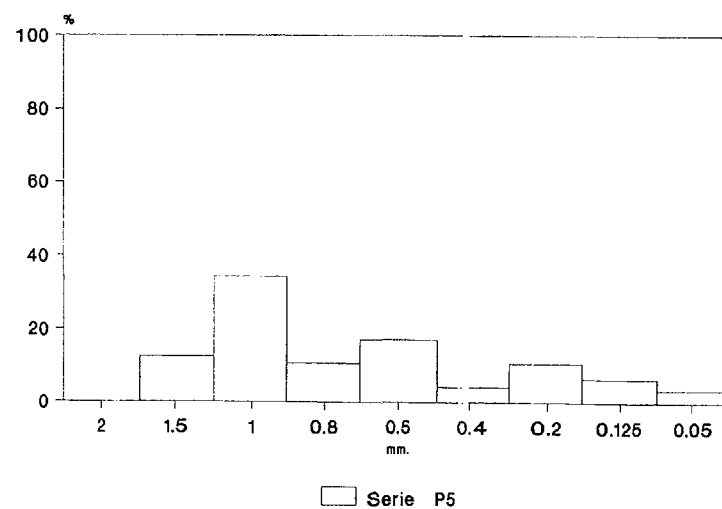
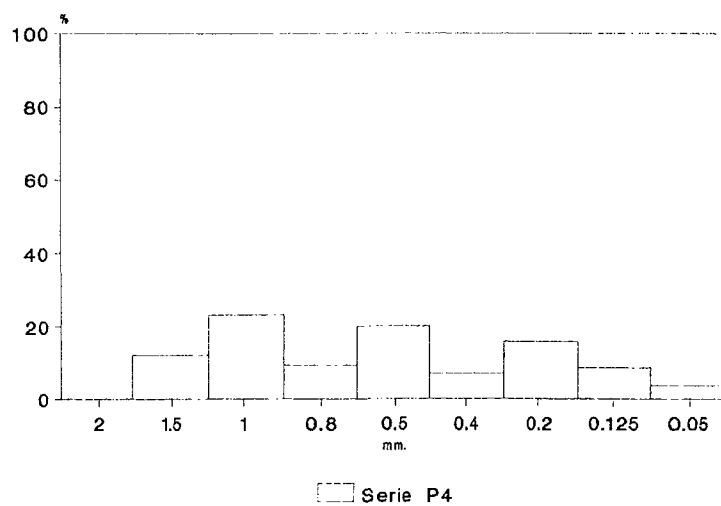


Fig.97 . Histogramas granulométricos de la fracción fina del perfil de Planillo (1-5)



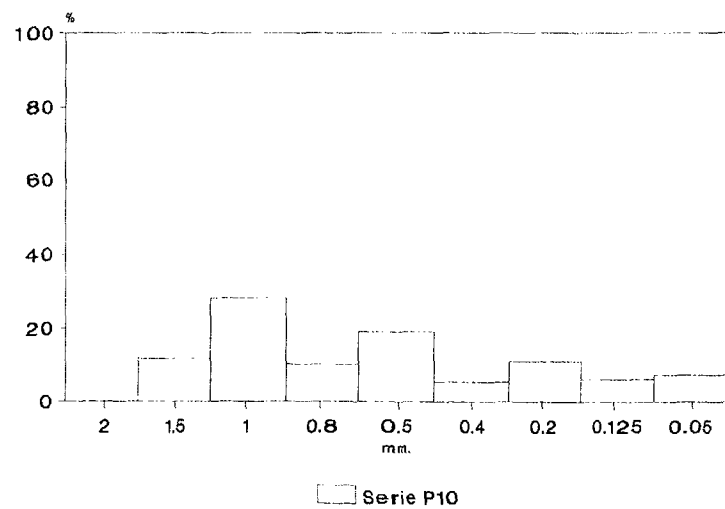
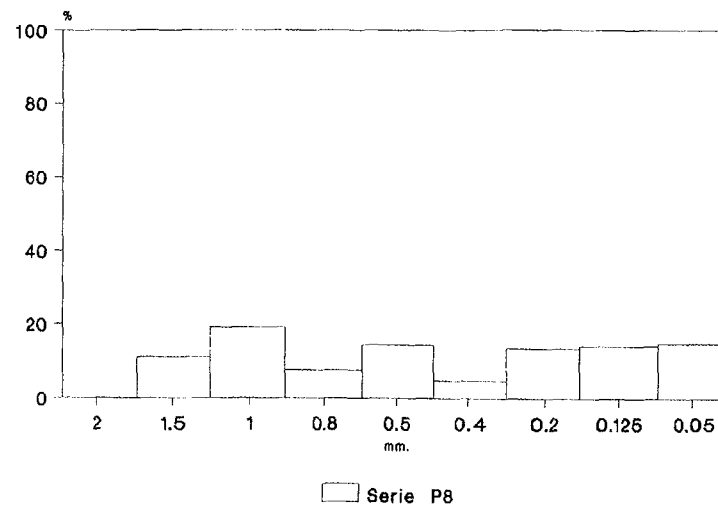
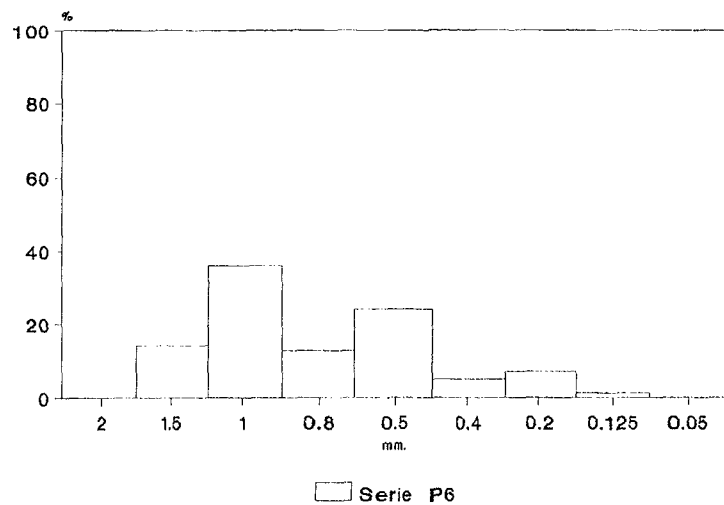


Fig. 98. Histogramas granulométricos de la fracción fina del perfil de Planillo (6, 8 y 10)

Respecto a la litología hay que señalar que a las siempre presentes de arenisca, caliza y algunos granitos aparecen también los conglomerados, aunque únicamente en el Cono +110-115 m. La litología predominante es la arenisca y en menor proporción la caliza.

Encontramos importantes desgastes en el Cono +110-115 (Md=336) y en la barra actual (Md=300). En el aplanamiento las medias más altas pertenecen lógicamente a los conos P4 (Md=2,62) y P3 (2,26) ya que las laderas aportan numeroso material y el transporte y rodamiento de este es escaso.

	B. Actual P1	Cono 8-12 P3	T 8-10 P6	Con.110-115 P10	T 55-65 P5	Glac.-Con. 84 P4
GRANULO.						
Md cm.	12	10	10	6	11	13
Centilo cm.	65 (Ar)	40 (Ar)	30 (Ar)	200 (Cngl)	102 (Ar)	55 (Ar)
% >24	5	3	3	8	16	9
LITOLOGÍA						
% Granito	1	4	1	-	9	-
% Arenisca	49	94	87	28	84	95
% Caliza	50	2	12	69	7	5
% Conglo.	-	-	-	3	-	-
DESGASTE						
Md cm.	300	195	200	336	225	204
% < 100	2	14	6	-	14	6
% > 250	58	28	48	68	40	30
% > 500	8	-	6	6	-	-
APLANAMIE.						
Md cm.	2,17	2,26	1,9	2	1,92	2,62
% < 1.5	12	8	26	4	12	-
% > 2.5	46	62	36	50	22	70

Tabla 40. Indices granulométricos y morfométricos.

Comentario general de los materiales finos.

Respecto a la distribución general de arenas, limos y arcillas, los distintos depósitos fluviales pertenecientes al perfil de Planillo ofrecen rasgos muy similares; fundamentalmente destaca la poca proporción de fracción arenosa, llegando a ostentar la media más baja a lo largo de todo el río Ara $58 \pm 12\%$ (Tabla 42). Lógicamente y

PLANILLO

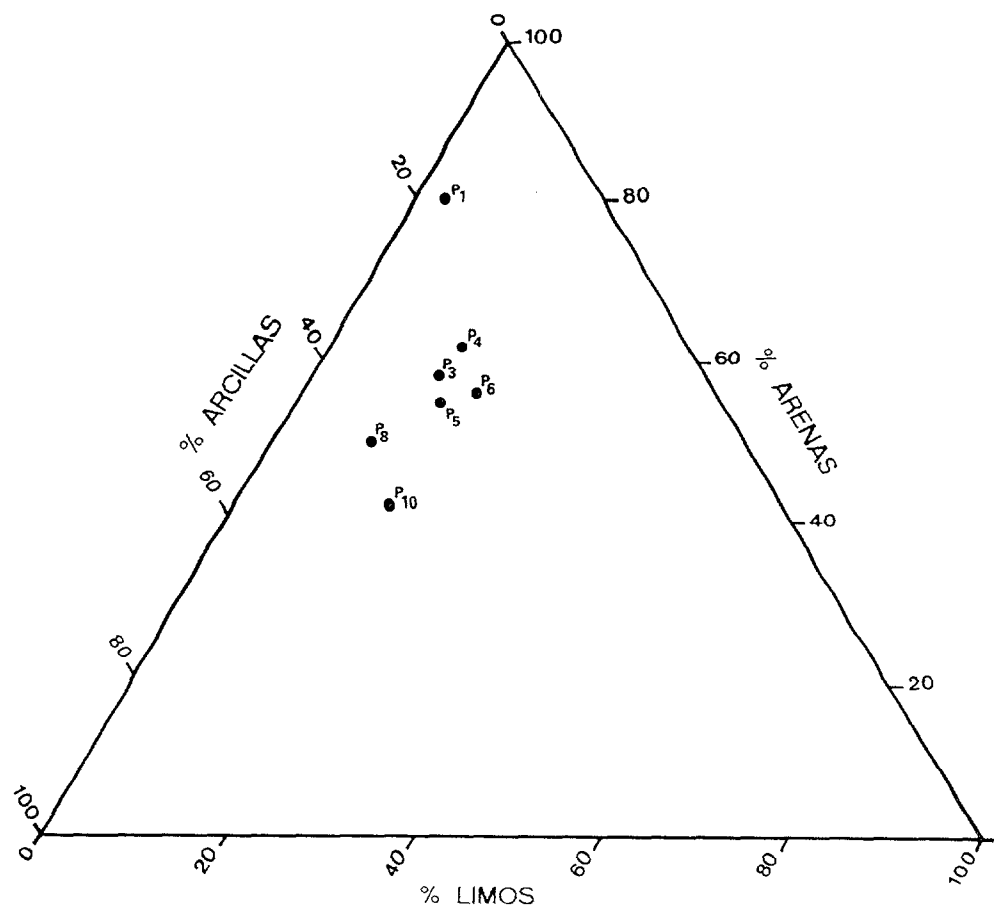


FIGURA 99 . DIAGRAMA TRIANGULAR DEL PERFIL DE PLANILLO

Muestra	Textura %			Parametros de la Fase Arenosa					
	Arenas Finas	Arenas Medias	Arenas Gruesas	Q50 (1)	Mz (1)	OI (2)	So (2)	SK (2)	Kg (2)
P4	12,34	42,94	44,66	706	664	1,19	2,48	0,27	0,83
P3	18,91	43,92	37,13	578	513	1,34	7,73	2,26	0,83
P1	50,52	45,31	4,12	196	191	1,07	1,34	0,01	1,12
P6	1,45	35,88	62,63	1000	920	0,75	1,3	0,36	0,97
P5	10,05	32,37	57,54	940	740	1,1	1,7	0,53	1,03
P8	29,22	32,91	37,83	530	450	1,56	4,13	0,26	0,7
P10	13,59	35,81	50,86	800	630	1,28	2,06	0,44	1,03

Tabla 41 . ANALISIS SEDIMENTOLOGICO DE LA FRACCION FINA DEL PERFIL DE PLANILLO

(1) Unidades expresadas en micras.
(2) Unidades expresadas en phi.

en contraposición, también tenemos los porcentajes más altos tanto en arcillas como en limos, $30 \pm 9\%$ y $13\% \pm 5\%$ respectivamente.

En los tres casos arenas, limos y arcillas, son valores relativamente parecidos lo que da lugar a coeficientes de variación bastante bajos (0.31, 0.38 y 0.21 respectivamente). Únicamente el limo es un poco más alto dado que sus valores fluctúa entre 3% y 18%.

MUESTRAS	Arcilla %	Limo %	Arena %
P4 Gla-Cono 84m M.I.	24	14	62
P3 T-Cono 8-12m M.I.	28	13	59
P1 Barra Actual	17	3	80
P6 T(8-10m) M.D.	26	18	56
P5 T-Cono 55-60m M.D.	29	15	56
P8 Cono 110-115 S.R.	40	10	50
P10 Cono 110-115 M.D.	44	16	40
Desviación Estandar	9	5	12
Media Aritmética	30	13	58
Coefficiente Variación	0,31	0,38	0,21

Tabla 42. Distribución de la matriz fina.

Observando el diagrama triangular (Fig.99) podemos ver una clara agrupación de todas las muestras (exceptuando P1) en el centro del gráfico. Esta representación nos indica lo expuesto anteriormente: cierta homogeneidad en el porcentaje de las tres fracciones granulométricas, aunque siempre existe un cierto predominio de la arena y arcilla sobre el limo.

5.3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS.

La variabilidad del pH es grande en este conjunto de tomas; va desde pH ácidos 6,3 en P1 (Barra actual), a otros básicos, 8,3 en P8 (T +55-65 m.), pasando por valores intermedios de la gama. Algo similar ocurre en la conductividad, en la que la toma P1 alcanza un valor muy alto 1260 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y la P8 una conductividad muy baja 69 $\mu\text{s}/\text{cm}$, por lo que los valores de desviación estándar y coeficientes

de variación son muy elevados, 440 $\mu\text{s/cm}$ para el primero y 1,21 $\mu\text{s/cm}$ para el segundo (Tabla 43). El resto de las tomas tienen valores similares entre ellos y parecidos a los otros perfiles.

La concentración de carbonatos medidos por calcimetría, también oscila entre valores bajos como P3 (Cono 8-12m), P6 (T8-10m), P5 (Cono 55-60m) y otros que siguen la tónica general como P1 (Barra actual) y P4 (Cono 84m). El conjunto de todas las muestras se sitúa en $20\% \pm 24$.

MUESTRAS	pH	Cond. Calci.	
		$\mu\text{s/cm}$	%
P4 Gla-Cono 84m M.I.	8,0	194,7	36,0
P3 T-Cono 8-12m M.I.	7,7	198,6	2,7
P1 Barra Actual	6,3	1258,2	45,8
P6 T(8-10m) M.D.	7,6	210,1	0,9
P5 T-Cono 55-60m M.D.	6,7	130,0	0,3
P8 Cono 110-115 S.R.	8,3	69,0	1,0
P10 Cono 110-115 M.D.	8,4	177,7	53,6
Desviación Estandar	0,8	440,2	24,0
Media Aritmética	7,8	361,5	20,0
Coefficiente Variación	0,10	1,21	1,20

Tabla 43. Propiedades físico-químicas.

Los porcentajes de la fracción pesada y ligera oscilan de forma notable; entre 15% y 49% (Tabla) para los primeros y entre 51% y 85% para los segundos. Destaca el cono +110-115 m. como la muestra con mayor contenido en minerales pesados (49%) lo que es lógico, dado la antigüedad de este conjunto. Ello nos hace pensar en la importancia de los antiguos aportes. Lo que también sugiere, la gran significación que ha tenido la procedencia de los antiguos aportes en cuanto a su caracterización mineralógica; no obstante, la alteración no ha logrado eliminar de modo eficaz los minerales ligeros, a pesar de la antigüedad de la unidad geomorfológica en el que se asientan.

	Fr. Pesada	Fr. Ligera
P10 Cono 110-115 M.D	49%	51%
P4 Gla-Cono 84m M.I.	15%	85%
P5 T-Cono 55-60 M.D.	34%	66%
P3 T-Cono 8-12m M.I.	32%	68%
P6 T(8-10m) M.D.	29%	71%
P1 Barra Actual	16%	84%
P8 Cono 110-115 S.R.	31%	69%

Tabla 44; Porcentajes de fracción pesada y ligera.

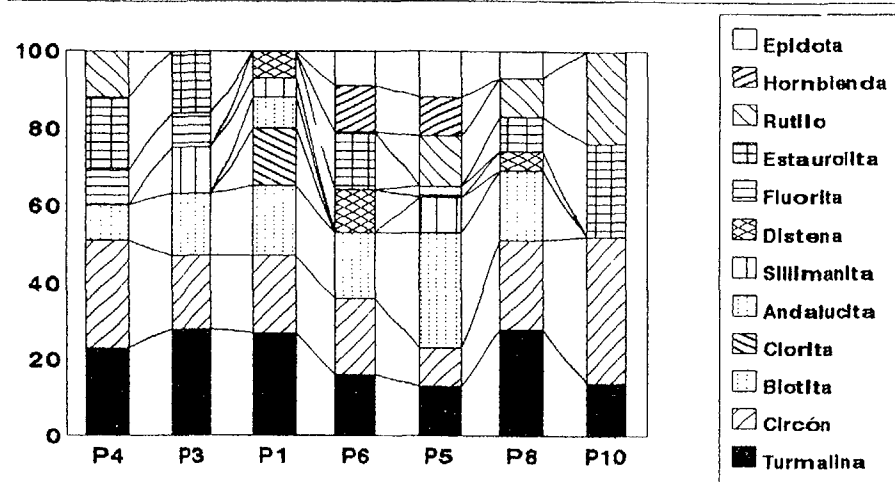
Respecto a la fracción pesada, las muestras de este perfil tiene en común: turmalina, circón y biotita. La turmalina $21 \pm 6\%$ (Tabla 45), toma valor máximo en el suelo rojo del cono +110-115 m. (P8) y en la terraza-cono +8-12 m. (P3) ambos con 28%. Para circón $23 \pm 8\%$, los extremos son 28% en el glacis +84 m. (P4) y 10% en la terraza-cono +55-60 m. (P5). Esta última muestra, en el caso de la biotita ($18 \pm 6\%$) también presenta un máximo del 30%. El rutilo no está representado en tres muestras: el cono +8-12 m. (P3), la barra actual (P1) y la terraza +8-10 m. (P6).

La Figura 100 representa el contenido de turmalina, circón y rutilo, siendo el cono +110-115 m. y el suelo rojo del mismo cono, los que ostentan mayores porcentajes entre 60% y 70% respectivamente; esto, hace referencia de nuevo, al hecho que los niveles morfológicos más antiguos tienen una mayor proporción de minerales resistente a la alteración, por eliminación y alteración de los otros.

	TUR	CIR	RUT	BIO	CLO	EST	EPI	HIP	HOR	SIL	ANA	FLU	DIS	BRO	AND	CUA	FEL	MOS	CAR
	Fracción pesada															Fracción ligera			
P4	23	28	12	9	--	19	--	--	--	--	--	9	--	--	--	36	30	17	17
P3	28	19	--	16	--	16	--	--	--	12	--	9	--	--	--	44	16	19	21
P1	27	20	--	18	15	--	--	--	--	5	--	--	7	--	8	15	22	17	46
P6	16	20	--	17	--	15	9	--	12	--	--	--	11	--	--	51	--	--	49
P5	13	10	13	30	--	--	12	--	10	9	--	3	--	--	--	53	32	14	--
P8	28	23	10	18	--	9	7	--	--	--	--	--	5	--	--	38	3	27	32
P10	14	38	24	--	--	24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	24	167	21	28
D.E.	6	8														13			
M.A.	21	23														37			
C.V.	0,29	0,35														0,35			

Tabla 45; Composición mineralógica de la fracción ligera y pesada expresada en %.

FRACCION PESADA



FRACCION LIGERA

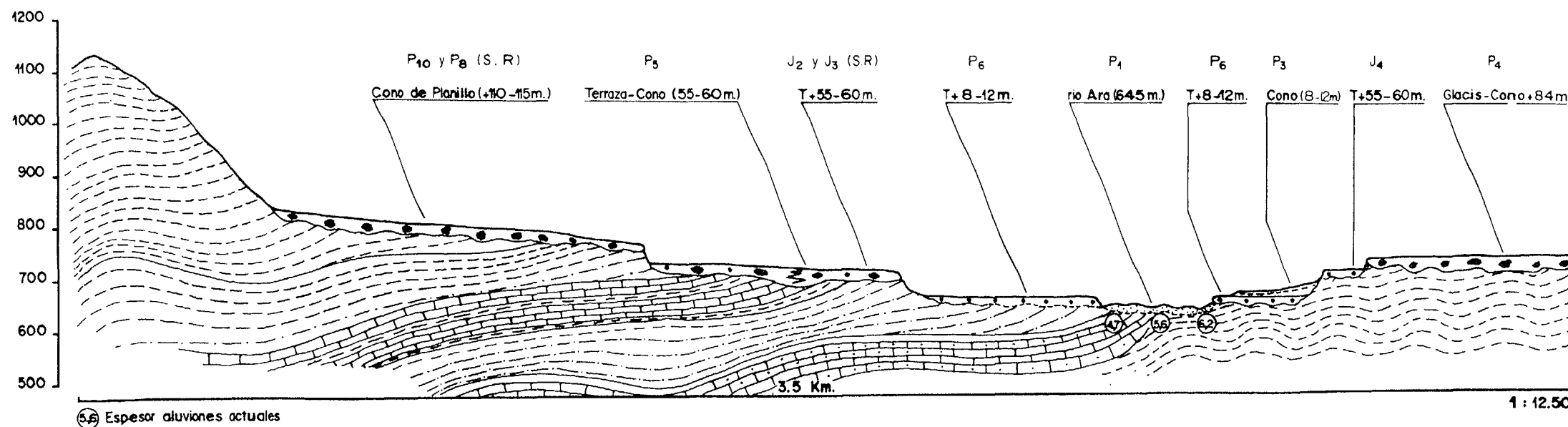
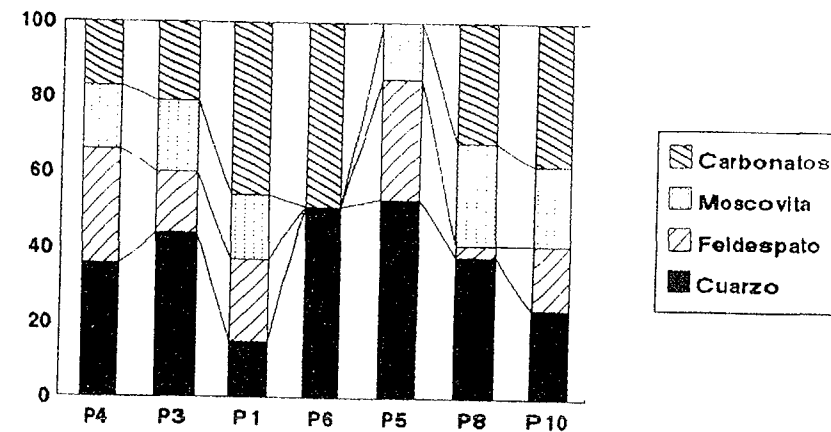


FIG. 100. PERFIL DE PLANILLO (AGUAS ARRIBA DE JANOVAS)

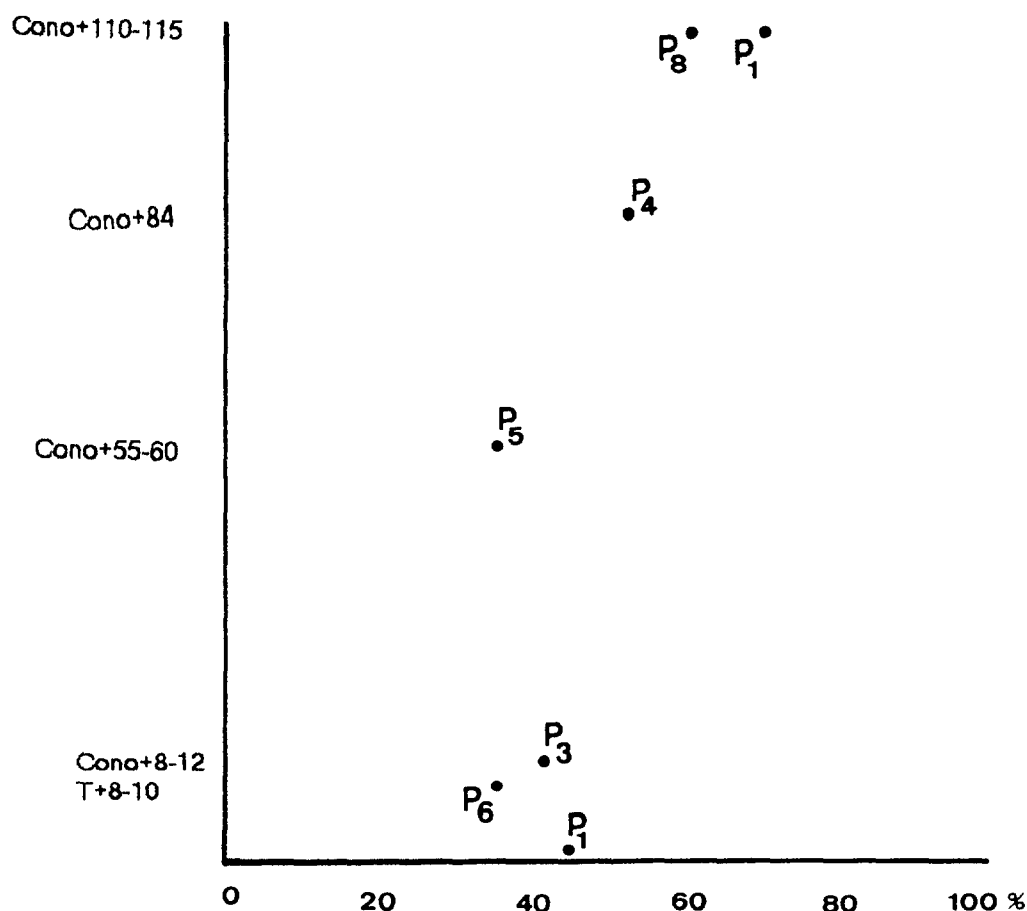


Fig. 101. Representación gráfica turmalina + circón +
rutilo del perfil de Planillo

Como minerales minoritarios en la fracción pesada aparece representada la clorita en la barra actual (P1) con un 15% y la andalucita un 8%. Se distingue hornblenda en los sedimentos actuales (P5) y en la T+8-10 m. (P6) en concentración similar en torno al 11%.

La fracción ligera recoge la omnipresencia de cuarzo $37 \pm 13\%$ y los valores extremos 15% en la barra actual (P1) y 53% en la terraza-cono +55-60 m. (P5). La mica moscovita se reconoce en todas las tomas, excepto en la T +8-10 m. (P6), el resto de puntos están próximos al 15%, menos el suelo rojo de la terraza-cono +110-115 m. (P8) con un 27%. Los carbonatos no se reconocen en la terraza-cono +55-60 m. (P5), en las demás muestras se consigue el 49% en la barra actual (P6) y 17% en el glacis-cono +84 m. (P4), como extremos de la serie.

Mineralógicamente, excepto la toma P1 que es de naturaleza carbonatada y tiene anfíbol, el resto son silicatadas, incluso en P5 los carbonatos sólo están como indicativos. Esta toma es la única que no presenta ningún tipo de feldespato, presentándose como feldespato

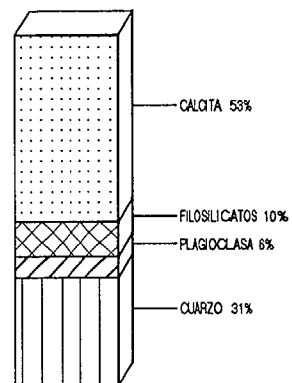
calco-sódico en las demás y con una gran variabilidad $8 \pm 6\%$. Los filosilicatos llegan a concentraciones altas, incluso del 40% en P6, teniendo el conjunto de las muestras un valor $26 \pm 10\%$ (Tabla 46) (Fig. 102).

La mineralogía de arcillas presenta la característica trilogía caolinita-ilita-esmectita, que en P1 se ve acompañada por clorita, y en todas por interestratificados de illita-esmectita. El contenido en illita ha descendido mucho en P6 a favor de aumentar la caolinita. La cristalinidad de todos los minerales de la arcilla, presente en las diferentes tomas, es baja y se aprecia, dada la baja resolución de los picos de difracción y los bajos índices correspondientes a cada mineral.

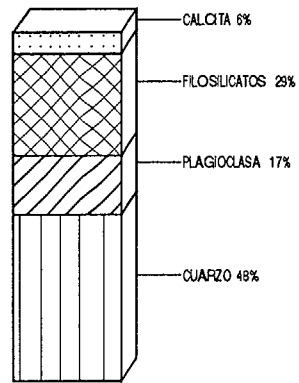
MUESTRAS	Carb.	Q	FK	F.CaNa	Anfib.	Hemat.	Filo.	K	Il	S	C	Se
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
P4 Gla-Cono 84m M.I.	40	30	-	8	-	-	22	8	82	10	0	0
P3 T-Cono 8-12m M.I.	6	48	-	17	-	-	29	10	88	2	0	0
P1 Barra Actual	53	31	-	6	0,5	-	10	12	77	8	3	0
P6 T(8-10m) M.D.	9	43	-	8	-	-	40	28	57	15	0	0
P5 T-Cono 55-60m M.D.	0,5	73	-	-	-	-	27	7	90	3	0	0
P8 Cono 110-115 S.R.	2	58	-	5	-	-	35	9	86	5	0	0
P10 Cono 110-115m M.D.	41	26	-	15	-	-	18	6	76	15	3	5
Desviación Estandar	22	17	0	6	0,2	0,0	10	8	11	5	1	2
Media Aritmética	22	44	0	8	0,2	0,0	26	11	79	8	1	1
Coefficiente Variación	1,02	0,39	0,00	0,69	1,00	0,00	0,39	0,67	0,14	0,64	1,72	2,68

Tabla 46.Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas con sus parámetros estadísticos.

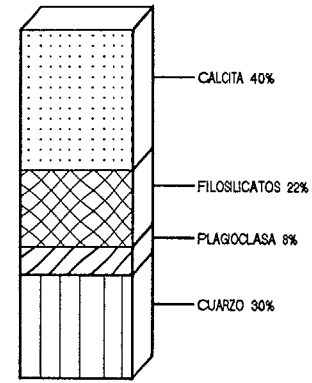
En la composición química, la monotonía es la tónica general, tanto para Al_2O_3 , como TiO_2 , K_2O y Na_2O . Para MgO , se tienen concentraciones bajas (0,23%) en P1 y (0,29) en P4, o más altas, superiores a 2%, en P3, P5, P6, y P8; situándose idéntica para las mismas agrupaciones de tomas relativas al CaO pero con valores inversos, máximos para el primero grupo y muy bajos para el segundo (Tabla 47).



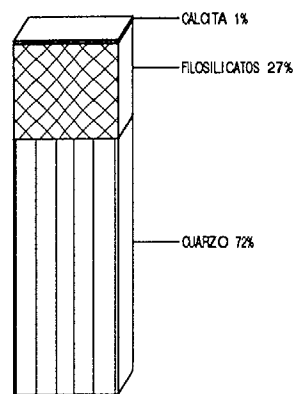
MUESTRA TOTAL P1



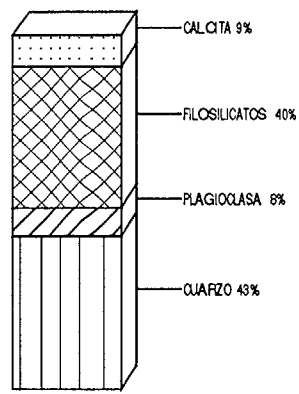
MUESTRA TOTAL P3



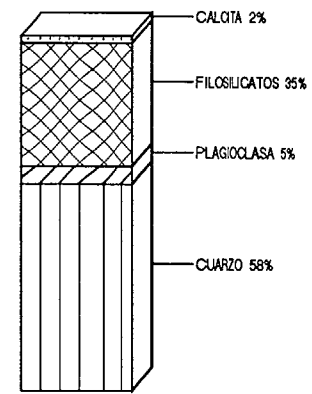
MUESTRA TOTAL P4



MUESTRA TOTAL P5



MUESTRA TOTAL P6



MUESTRA TOTAL P8

FIGURA 102 . HISTOGRAMA MINERALOGICO DEL PERFIL DE PLANILLO.

MUESTRAS	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Ti O ₂ %	MnO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
P4 Gla-Cono 84m M.I.	2,58	8,86	0,29	15,84	1,88	0,18	0,01	17,72	52,64
P3 T-Cono 8-12m M.I.	4,04	1,19	2,45	17,79	1,66	0,23	0,03	17,68	54,93
P1 Barra Actual	2,28	10,15	0,23	15,51	1,32	0,19	0,01	16,48	53,83
P6 T(8-10m) M.D.	3,96	0,45	2,51	15,29	1,25	0,13	0,04	16,34	60,03
P5 T-Cono 55-60m M.D.	5,58	0,23	2,06	16,55	1,26	0,15	0,03	16,50	57,64
P8 Cono 110-115m S.R.	5,34	0,17	2,98	15,15	1,25	0,22	0,03	16,64	58,21
P10 Cono 110-115m M.D.	3,82	3,42	0,89	11,40	1,39	0,14	0,02	16,30	62,62
Desviación Estandar	1,24	4,27	1,13	1,97	0,24	0,04	0,01	0,62	3,55
Media Aritmética	3,94	3,49	1,63	15,36	1,43	0,17	0,02	16,81	57,13
Coficiente Variación	0,31	1,22	0,69	0,12	0,16	0,23	0,50	0,03	0,06

Tabla 47. Composición química de elementos mayoritarios y sus parámetros estadísticos.

En el estudio de los óxidos de hierro los más elevados en concentración son P8 y P5 y el menor P1. También en estos supuestos la aportación de óxidos de hierro en formas cristalinas es superior a la de óxidos amorfos, $26 \pm 10\%$ (Tabla 48) para los cristalinos y un $16 \pm 11\%$ para las amorfos. La concentración de MnO es muy uniforme, siendo en este caso superiores las concentraciones de óxidos de manganeso amorfos en todas las muestras, excepto en P1 y P4 que sucede lo contrario.

Los aluvionamientos y conjuntos edáficos de este perfil ofrecen porcentajes normales de hierro total, de acuerdo con las características de la cuenca del río Ara; es decir, valores por debajo de 7% (Fig.103). Como viene siendo habitual los contenidos más bajos corresponden a los aluvionamientos más recientes, es decir barra actual (P1) con un 2,28% y T +8-12 m. (P6) con 3,96%. Las terrazas más antiguas (T +55-60 m.) de ambas márgenes, así como su suelo rojo (J2, J3 y J4) presentan unos contenidos muy similares entre 5,75% y 6,19%. No ocurre lo mismo con los conos; los porcentajes son algo más variables siendo el glacis cono +84 m. el de contenido más bajo (2,58%). La terraza-cono +55-60 m. (P5) presenta el valor más elevado (5,58%), porque posiblemente retoma hierro de suelos más antiguos situados por encima de este depósito. Es decir,

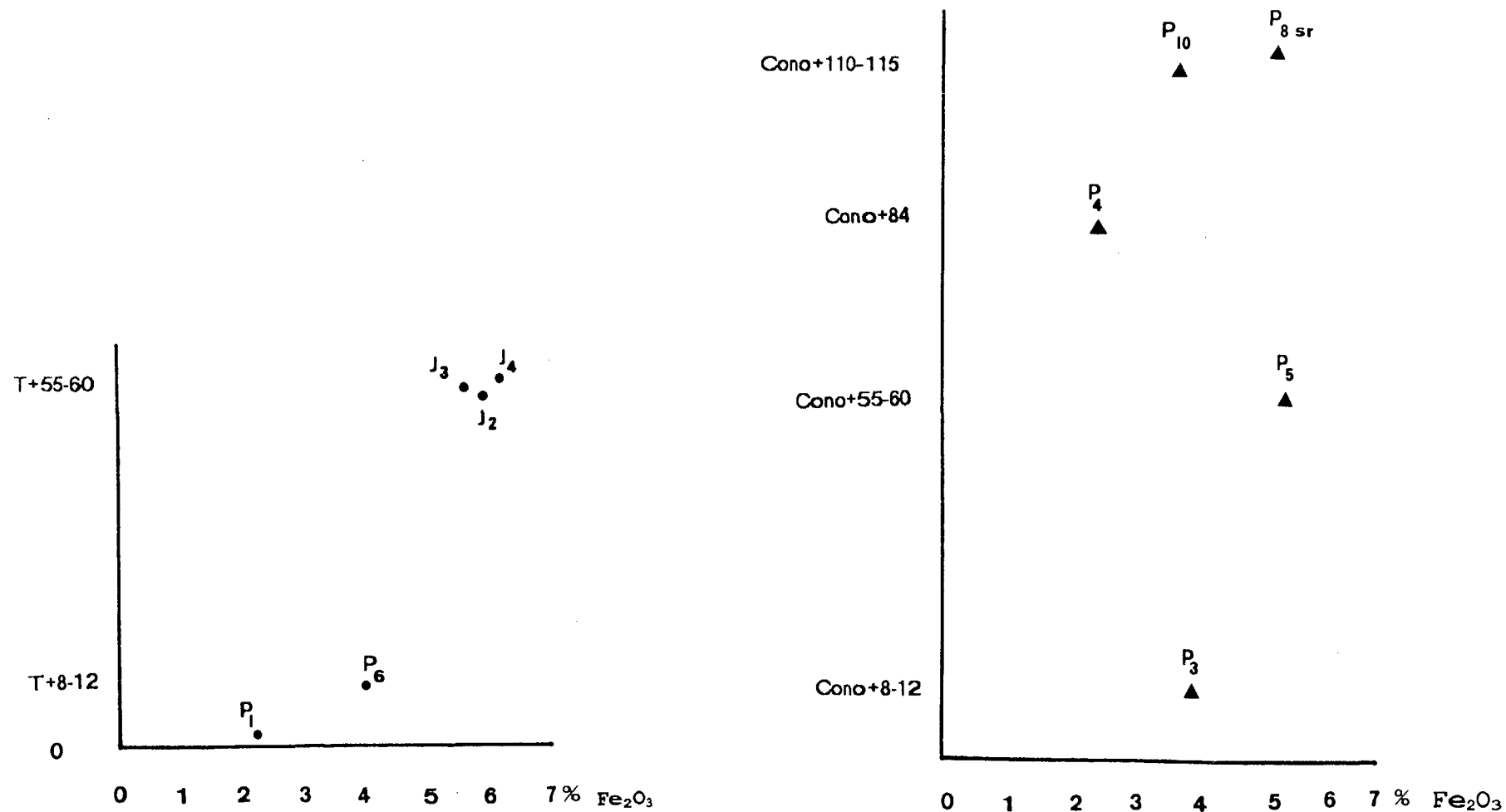


FIG. 103. VARIACION DEL CONTENIDO Fe_2O_3 EN FUNCION DE LA ANTIGUEDAD DE LAS TERRAZAS Y CONOS.

del cono +110-115 m. (P10) y su suelo rojo (P8) que registran 3,82% y 5,34% respectivamente.

MUESTRAS	Fe am.	Mn am.	Fe cr.	Mn cr.
	0,01%	0,01%	0,1%	0,1%
P4 Gla-Cono 84m M.I.	3	1,29	19	2,45
P3 T-Cono 8-12m M.I.	34	7,60	29	3,00
P1 Barra Actual	7	0,52	16	1,29
P6 T(8-10m) M.D.	27	9,99	40	2,71
P5 T-Cono 55-60m M.D.	10	4,00	35	3,00
P8 Cono 110-115 S.R.	21	4,25	31	2,80
P10 Cono 110-115 M.D.	13	9,99	15	0,26
Desviación Estandar	11	4,23	10	1,10
Media Aritmética	16	5,56	26	2,11
Coficiente Variación	0,68	0,76	0,37	0,52

Tabla 48. Composición química de Fe y Mn amorfo y cristalino

Para los elementos minoritarios son destacables los 13 ppm de P10 de circonio; las 16 ppm de cromo, y los 28 ppm de cobre y las 14 ppm de plomo de P8 y como en supuestos anteriores el cinc es el elemento de mayor variabilidad $489 \pm 145\%$, con concentraciones muy altas en todas las tomas, superiores a 315 ppm, que alcanzan 688 ppm en P8 y 600 ppm en P5 (Tabla 49).

MUESTRAS	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	Zr
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
P4 Gla-Cono 84m M.I.	10	21	322	12	6	7
P3 T-Cono 8-12m M.I.	7	19	594	12	6	12
P1 Barra Actual	10	15	317	9	5	6
P6 T(8-10m) M.D.	7	21	485	13	6	7,5
P5 T-Cono 55-60m M.D.	6	22	600	13	7	8
P8 Cono 110-115m S.R.	14	28	688	16	7	6
P10 Cono 110-115m M.D.	12	21	416	15	7	13
Desviación Estandar	2	4	145	2	1	2,8
Media Aritmética	9	21	489	12	6	8,5
Coficiente Variación	0,31	0,18	0,29	0,15	0,12	0,33

Tabla 49. Composición química de oligoelementos.

6. PERFIL DE JANOVAS - ANTICLINAL DE BOLTAÑA.

6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PERFIL

En este perfil el río se encaja de modo muy acusado en las calizas del Terciario inferior, dando lugar a una estrecha garganta que a modo de "cluse", atraviesa el Anticlinal de Boltaña; la angosta topografía ha impedido que se hayan acumulado y conservado aterrazamientos fluviales; no obstante hemos detectado la presencia de un nivel aluvial situado a +58-64 m., único testido que permanece en todo este entallado tramo del valle del Ara. Su morfología muy deteriorada y enmascarada por coluviones más recientes sugieren su pertenencia a una antigua terraza. Los cantos, gravas y arenas están fuertemente cementados por carbonato cálcico, hecho que ha permitido la conservación de este testigo aluvial.

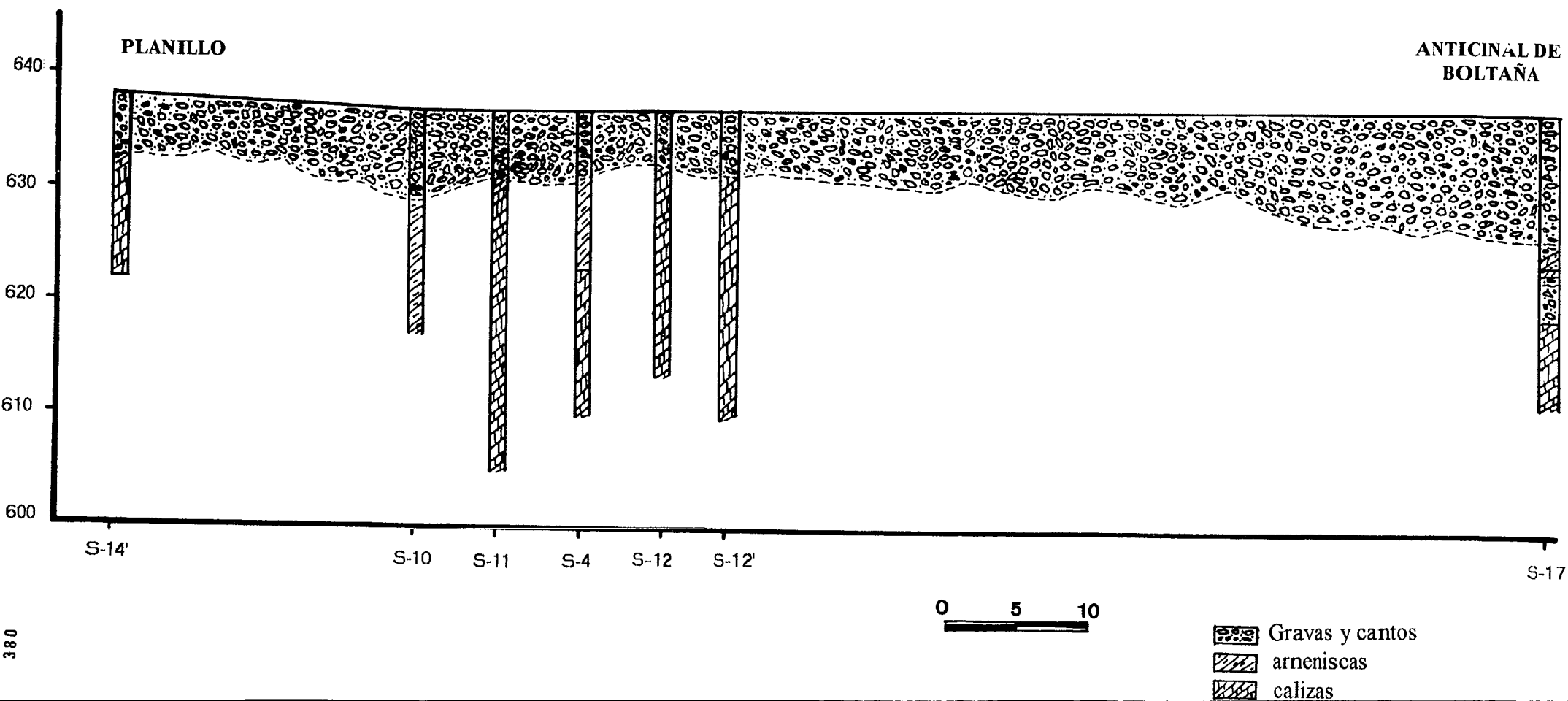
A pesar de no estar representadas en el perfil (Fig.104) hemos creído conveniente incluir, por su cercanía, a las T +55-60 de la margen izquierda y derecha (J4 y J3) y la barra actual (J5), para obtener una visión de conjunto más completa de este tramo del río.

Dos tipos de coluviones han sido identificados en las laderas de este sector:

El más antiguo, corresponde a depósitos del tipo "Grèzes litées", con lechos bien ordenados y abundante material crioclástico. Regularizan la ladera y alcanzan casi el fondo del valle lo que denuncia una edad muy reciente, posiblemente vinculada a las últimas etapas del Würm.

El otro coluvión es más moderno y está formado, esencialmente, por fragmentos procedentes del desmantelamiento de la generación crioclástica anterior.

FIG. 106. PERFIL LONGITUDINAL DE LOS ESPESORES DE LOS ALUVIONES ACTUALES DEL RIO ARA. A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS POR SONDEO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA DE JANOVAS (ANTICLINAL DE BOLTAÑA).



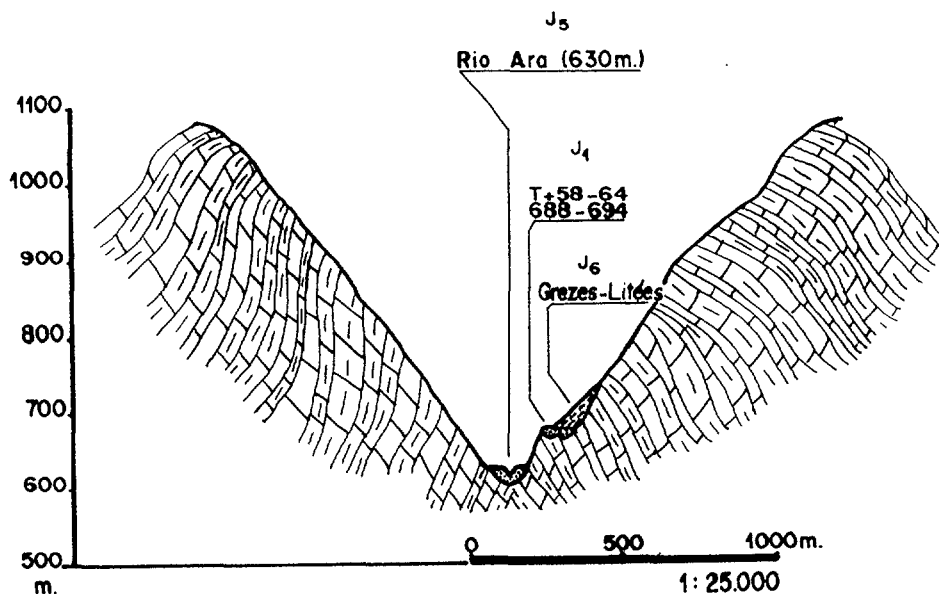


FIG. 104. VALLE DEL RIO ARA. SECTOR ANTICLINAL DE BOLTÑA.

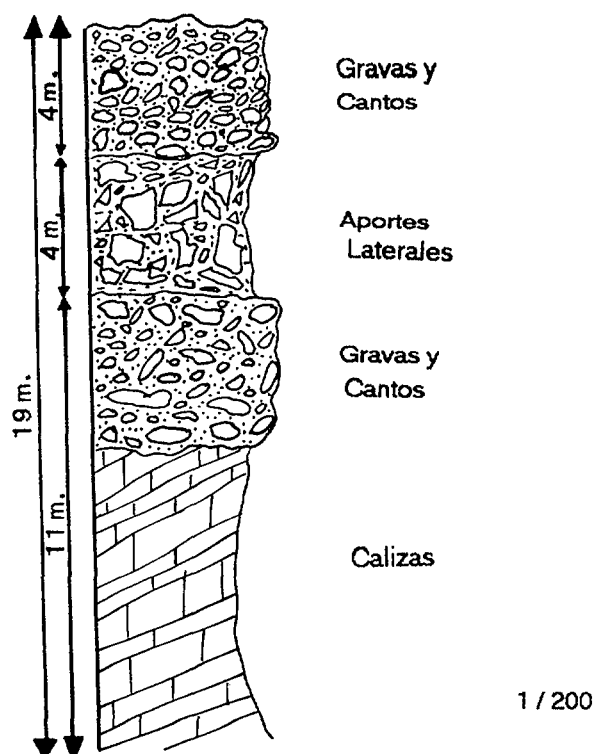


Fig. 105. Columna estratigráfica a la salida de Jánovas. (sondeo 5-17).

La génesis de los dos tipos de coluviones están influenciados de modo muy nítido por el acentuado control estructural que se advierte en la zona, dado que los estratos muestran una fuerte tectonización y están formados por calizas muy gelivables. Este control también se manifiesta hoy en la vertiente de umbría donde continúan formándose algunas pedreras instaladas en los corredores estructurales abiertos por la erosión en las capas más deleznable del Terciario inferior

Respecto a los aluviones actuales, la empresa IBERDROLA, nos permitió el acceso a datos sobre los sondeos efectuados para la construcción de la presa de Jánovas. Con dichos datos, hemos elaborado un perfil transversal al río que nos permite observar las variaciones de los espesores de los aluviones que se ubican en el fondo del valle (Fig.106). Así mismo, elaboramos una columna estratigráfica (Fig.105) donde se muestra la alternancia de materiales aluviales, gravas y cantos, interrumpidos por 4 metros de aportes laterales (debido a la verticalidad de las laderas por las que discurre este tramo del río). El muro de la columna se apoya en un substrato rocoso calizo.

6.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

BARRA ACTUAL (Muestra J5)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 5/1

ESTRUCTURA: sin estructura.

CONSISTENCIA EN SECO: suelto, sin coherencia.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: muy escasos.

CONTENIDO EN RAICES: no tiene.

POROSIDAD: nula.

Esta zonas presenta escasos sedimentos actuales ya que el lecho del río se encuentran encajado prácticamente en el cañón que atraviesa el Anticlinal de Boltaña. Presenta unos aluvionamientos que

rondan los 6 metros de espesor según el sondeo realizado por Iberdrola.

Aparecen dos niveles de barras actuales, uno 0,50 metros sobre el thalweg de granulometría más pequeña, y otro más antiguo con cantos más gruesos y bloques sobre los que se desarrolla una incipiente vegetación (en este último caso la barra se sitúa a 1 metro por encima del thalweg actual, por lo que las posibilidades de que sea inundada son más escasas.

Litofacies y estructura sedimentaria; gravas masivas sin estratificar. Facies Gms.

Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico (Fig.107) es de tipo bimodal con representación de todos sus grupos granulométricos por lo que su base se presenta muy ancha. El máximo principal se sitúa en el intervalo 4-6 cm. y el secundario en 16-24 cm. La mediana es de 10 cm. y el centilo de 80 cm. en arenisca. El porcentaje de bloques por encima de 24 cm. es muy notable (10%).

En cuanto a la litología existe una proporción similar entre areniscas 43% y calizas aunque el porcentaje de estas últimas es algo superior 54% (Fig.107). La representación de material granítico es del 2%. Por último, debemos señalar una pequeña muestra de conglomerados 1% procedentes de aportes laterales (de la margen derecha Sierra de Galardón).

El histograma de desgaste (Fig.107), está bien desarrollado con una base que llega hasta 700; ofrece un aspecto bimodal con máximos entre 250-300 y 350-400. El valor de la mediana es bastante alto 225. y el porcentaje de elementos con desgastes superiores a 250 es muy elevado 60% (aunque no el más alto de todo el perfil). De este 60% hay un 8% de cantos con desgastes por encima de 500. Todo ello indica una alta torrencialidad en la dinámica actual del cauce que es

J5 barra actual

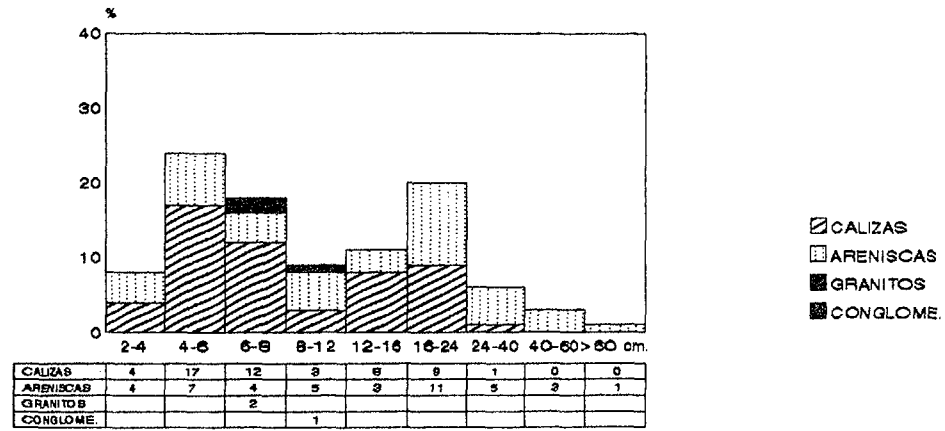
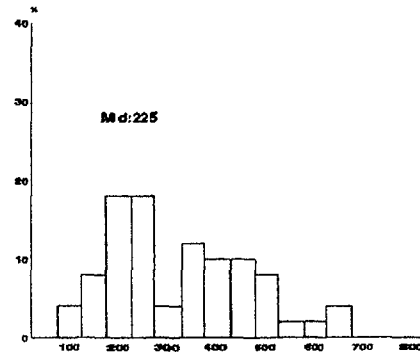
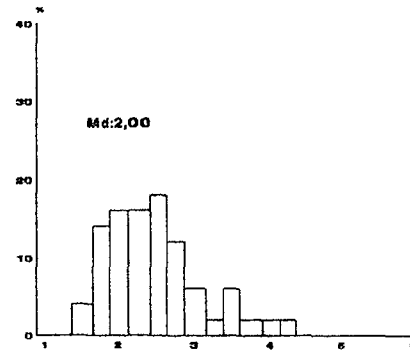
Indice de Desgaste
JANOVAS J5. BARRA ACTUAL.Indice de Aplazamiento
JANOVAS J5. BARRA ACTUAL.

FIG. 107. RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

la responsable de la presencia de ciertos cantos (4% de elementos con desgaste inferior a 100) que han sufrido roturas durante el brutal transporte acontecido por las distintas avenidas del río.

Respecto al histograma de aplanamiento (Fig.107) nos muestra una mediana moderada; pero con un alto porcentaje de elementos de aspecto muy aplanado (50%), mientras que un 4% orece un aplanamiento inferior a 1,5 y su aspecto es ciertamente cúbico.

Análisis de la fracción fina.

La distribución de arenas , limos y arcillas de esta barra actual, emplazada en la cluse de Boltaña, presenta una fracción arenosa (como viene siendo habitual) muy bien representada (74%). Los limos siguen siendo escasos aunque han aumentado a un 9%, mientras que las arcillas descienden a un 17% (Fig.113).

Este depósito presenta un histograma granulométrico unimodal (Fig.112), con un máximo (52,09%) del sedimento en el tamiz de 0,4 mm. Aparecen tamices vacíos en el rango de las arenas finas y casi vacío (el 1% del total de la muestra) en el primer tamiz de arenas gruesas.

La curva acumulativa representada en la fig.112 es hiperbólica de tipo sigmoidal bastante enderezada lo que indica acumulación libre por exceso de carga, sin predominio de la deposición ni del lavado. La talla del sedimento (Tabla 51) es bastante elevada (698 μ) y la clasificación es buena según la desviación estándar (0,49). La curva es simétrica indicando idéntica clasificación entre la fracción fina y la fracción gruesa. La kurtosis (1,03) no indica variaciones en la intensidad del flujo por lo que tampoco existen fluctuaciones en la competencia del transporte.

6.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

TERRAZA +55-60 m Margen Derecha (Muestra J2)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10 YR 5/6

ESTRUCTURA: moderada con agregados bien formados.

CONSISTENCIA EN SECO: muy dura en los agregados (suelto en el resto.)

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: muy poco, menos del 5%.

CONTENIDO EN RAICES: no tiene.

POROSIDAD: nula.

Nos encontramos ante una acumulación con un espesor visible de 3 a 4 m. La disposición del material es caótica. Existe poca matriz fina y la que hay está muy cementada. Tiene pocos granitos y muy alterados y en general tiene un tono bastante rojizo. La parte superior de la terraza esta fosilizada por un horizonte argílico; posiblemente perteneciente a un antiguo suelo rojo, del que ha desaparecido el horizonte superior. Las características sedimentológicas y edafológicas de este suelo hab sido estudiados a continuación en la muestra J3.

Litofacies y estructura sedimentaria; gravas masivas con estratificación horizontal. Facies Gm.

Análisis de la fracción gruesa.

Esta terraza ofrece material con un histograma granulométrico bien clasificado (Fig.108). Únicamente no está representado el grupo de bloques superiores a 60 cm. Llama la atención su homogeneidad en la distribución granulométrica donde casi todas las familias están bien representadas y en porcentajes semejantes. El máximo, está poco acentuado y se sitúa con un pequeño porcentaje en el intervalo 12-16 cm. La mediana es de 11,5 cm. y el centilo de 80 cm. en caliza. El porcentaje de bloques superiores a 24 cm. es notable con un 10%, lo cual indica un medio de transporte extraordinariamente eficaz, dado que su aspecto es, además, bien redondeado.

Respecto a la litología se aprecia un notable descenso del material calizo (21%) dando paso al aumento de las areniscas (77%). La representación del material granítico sigue siendo muy discreta con un 2% (Fig.108).

El histograma de desgaste presenta tres máximos principales situados en los intervalos 250-300, 350-400, y 450-500 (Fig.108). El desgaste sigue siendo elevado con una mediana alta que indica una clara competencia torrencial. Del mismo modo lo corroboran el alto porcentaje de cantos con desgaste superiores a 250 (54%) y una escasa representación de cantos poco desgastados (inferiores a 100) 6% procedentes en este caso de cantos aportados directamente desde las laderas dado su actual inclinación.

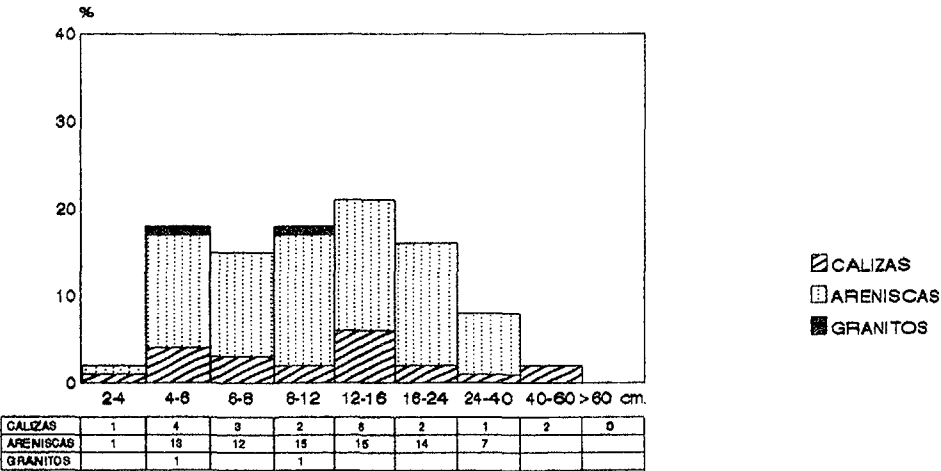
El histograma de aplanamiento presenta una base bien desarrollada, con un máximo principal situado en 2,00-2,25 y otro secundario en 3'00-3,25 (Fig.108). La mediana es moderadamente alta, pero lo más llamativo es el alto porcentaje de elementos con aplanamiento inferior a 1,5 (20%) indicativo de fragmentos de aspecto cúbico y en buena parte arrastrados longitudinalmente y moderado en aplanamientos superiores a 2,5 (30%).

Análisis de la fracción fina.

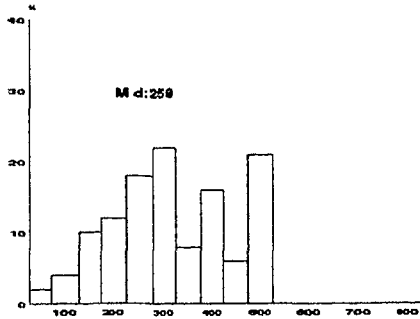
Desde el punto de vista de la distribución de arenas, limos y arcillas, esta terraza ofrece un porcentaje de fracción arenosa del 56% (siendo inferior a la media que se sitúa en 69%). Pero lo que más llama la atención es su altísimo contenido en material arcilloso (43%), mientras que los limos únicamente están representados de forma meramente testimonial (1%) (Fig.113).

Este depósito presenta un histograma polimodal (Fig.112) lo que sugiere una mezcla de sedimentos de distinta procedencia, dado que el material está muy repartido en las tres fracciones: arenas gruesas, arenas medias y arenas finas (Tabla 51).

J2 terraza 55-60m



Indice de Desgaste
JANOVAS J2. TERRAZA 55-60m M.D.



Indice de Apilamiento
JANOVAS J2. TERRAZA 55-60m M.D.

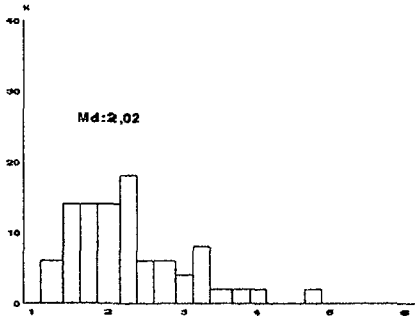


FIG.108 RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

La curva acumulativa (Fig.112) es parabólica indicando sedimentación forzada. La talla media del sedimento es de 590 μ y el índice de Trask indica una mala clasificación (3,71). La asimetría es positiva por tanto con una mejor clasificación del material más fino. Únicamente la kurtosis parece haber sido perturbada situándose en valores inútilmente bajos (0,75) para este tipo de acumulaciones (Tabla 51); la sedimentación forzada es consecuencia de la fluctuación de la corriente hacia valores más bajos de lo normal.

SUELO SOBRE TERRAZA +55-60 m Margen Derecha (Muestra J3)

Características generales de la muestra.

COLOR: 5YR 5/6

ESTRUCTURA: aspecto grumoso moderadamente fuerte.

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: pocos

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: nulo.

CONTENIDO EN RAICES: muy pocas y finas.

POROSIDAD: nula.

Análisis de la fracción fina.

Respecto a la distribución de arenas, limos y arcillas, está terraza presenta unos valores, en todas las fracciones, prácticamente iguales a la media del perfil de Jánovas. El material arcilloso sigue estando bien representado (69%). Las arcillas contienen porcentajes moderados (28%) y los limos siguen siendo muy escasos 3% (Fig.113).

Esta muestra presenta un histograma granulométrico y una curva con características muy similares al anterior depósito (T +55-60m J2). Se trata de un histograma polimodal (Fig.112), por tanto con mezcla de sedimentos estando todos ellos representados de forma parecida en cada una de las fracciones como se aprecia en la tabla 51 (arena fina 23,11% , arena media 38,86% y arena gruesa 38,61%).

La curva es parabólica tendiendo a logarítmica (Fig.112). La talla media de material (Tabla 51) es de 566 μ y la clasificación de la fracción fina es mejor que la de la fracción gruesa. La deposición se

presupone (dado el calibre de material y su homometría) que se realizó en un momento de baja energía del flujo, como también corrobora el valor de la kurtosis inusualmente bajo (0,72). Existe una fuerte influencia de los procesos diagenéticos guiados por los de índole edafogenética, los cuales enmascaran las variables sedimentológicas dificultando su interpretación.

TERRAZA +55-60 m Margen Izquierda (Muestra J4)

Características generales de la muestra.

COLOR: 7.5 YR 5/4

ESTRUCTURA: sin estructura pero con algunos agregados.

CONSISTENCIA EN SECO: ninguna, los agregados son blandos

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: Pocos, de 5 a 15%.

CONTENIDO EN RAICES: muy pocas y de raíces finas.

POROSIDAD: nula.

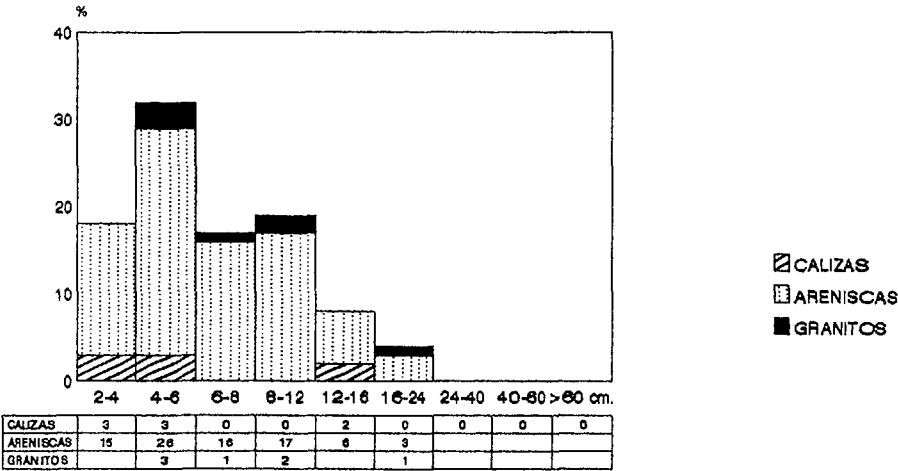
Esta terraza tiene una clara morfología plana pero apenas tiene continuidad lateral. Se trata pues de un pequeño retazo de unos 3 m. de espesor. El material es altamente heterométrico. La matriz fina esta muy cementada y con un color rojizo muy acusado.

Litofacies y estructuras sedimentarias; gravas masivas con textura no granosostenida y leve estratificación horizontal. Facies Gm.

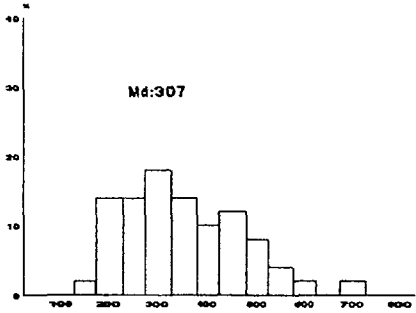
Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico de esta acumulación ofrece un perfil bimodal con máximos situados en 4-6 cm. (el principal) y 8-12 cm. (el secundario) (Fig.109). Es significativo el alto porcentaje de cantos que aparecen de tamaño pequeño (69%); junto a ellos, pero en menor medida, aparecen los de tamaño medio (30%), acaparando en conjunto la totalidad de la muestra. No existe pues, representación alguna de la fracción granulométrica de bloques de gran tamaño. Únicamente aparece un 1% de material superior a 24 cm. La mediana

J4 Terraza 55-60m.



Indice de Desgaste
JANOVAS J4. TERRAZA 55-60m M.I.



Indice de Aplazamiento
JANOVAS J4. TERRAZA 55-60m M.I.

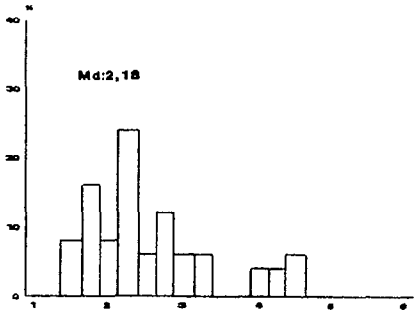


FIG. 109. RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

consecuentemente es baja 6cm. y el centilo moderado con 60 cm. en material calizo.

Respecto a la litología seguimos con la tónica de la terraza anteriormente comentada (del mismo nivel pero de distinta margen) donde las areniscas adquieren una mayor representatividad (85%) frente a un porcentaje muy escaso de calizas (8%) (Fig.109). Hay que señalar la notable presencia de granitos que figuran en esta terraza (7%) y que se repetirá en el nivel superior (T +58-64m) de la margen derecha.

El histograma de desgaste presenta una base ancha con máximo principal en el umbral de 250-300 y 400-450 (Fig.109). La mediana es muy alta como viene siendo habitual en este perfil, al igual que la proporción de elementos con desgaste superior a 250 (78%), de donde el 8% es superior a 500.

Desde el punto de vista del aplanamiento, el histograma se presenta polimodal con 4 máximos en (Fig.109): 2,00-2,25, 1,75-2,00, 2,75-3,00, y 4,50-4,75. La mediana es bastante alta 2,18 pero lo más significativo sigue siendo (como en el resto de las muestras de este perfil) el 44% de cantos muy aplanados frente a un 8% de elementos con bajo aplanamiento, es decir inferior a 1,5.

Análisis de la fracción fina.

En la distribución de las arenas, limos y arcillas, la proporción de material arenoso es muy abundante (76%) mientras que los limos son prácticamente inexistentes (1%). La fracción arcillosa sigue estando bien representada (23%).

Histograma trimodal (Fig.112) con características bastante similares a J1, J2 y J3, aunque se observa un menor porcentaje de arena fina. Ello puede interpretarse como una consecuencia de cierto lavado deposicional. Hay tres modas, la principal en arenas medias (representada por un 23,56% del sedimento total) y las secundarias,

una en arenas finas (con un 18,27%) y otra en arenas gruesas (19,45%) (Tabla 51).

La curva es parabólica con acumulación forzada (Fig.112), estando el sedimento extremadamente mal clasificado como demuestra el índice de Trask (2,44) en la Tabla 51. La simetría es positiva como viene siendo habitual en este tipo de acumulaciones y la kurtosis (0,87) indicaría una ligera variación en la velocidad del agente de transporte. Existen remociones post-deposicionales.

TERRAZA +58-64 m Margen Izquierda (Muestra J1)

Características genrales de la muestra.

COLOR: 5YR 4/6

ESTRUCTURA: moderada con algunos agregados.

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: si

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: muy pocos, menos del 5%.

CONTENIDO EN RAICES: abundantes raices finas.

POROSIDAD: nula.

En un pasillo que a modo de cluse se abre en el Anticlinal de Boltaña se apoya esta acumulación fluvio-torrencial con un espesor visible de 7 m. (Fig.110). Es el nivel mas antiguo de todo el perfil de Jánovas. Se caracteriza sobre todo por una gran cantidad de bloques y por el tono rojizo que presenta toda la acumulación.

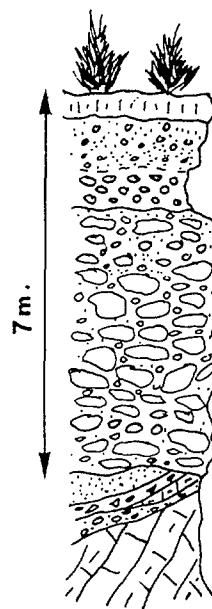


Fig. 110. Terraza 58-64 m.

El techo de dicha acumulación está netamente erosionado y muestra parcialmente la existencia de un material de arcillas rojas

bastante semejantes a los horizontes argílicos pertenecientes a viejos suelos rojos instalados sobre los niveles más antiguos del Ara situados aguas abajo. Como hemos dicho anteriormente, la morfología de este aluvión no es característico de una terraza propiamente dicha, sino de un nivel de acumulación fluvial, ya que el techo plano de la terraza ha sido enmascarado y fosilizado por un coluvión fuertemente cementado.

En la zona basal de la acumulación nos encontramos con una formación que no es solidaria con la estructura geológica y que sin duda corresponde a un retazo caído de un nivel de acumulación fluvial más antiguo. Está constituido por los siguientes elementos:

- 20 cm. de elementos fuertemente conglomeráticos.
- 40 cm. de nivel fino de escasa continuidad lateral, muy carbonatado y fuertemente diagenetizado.
- 10 cm. de pequeña gravilla con pequeños clastos de granito.
- 30 cm. de areniscas también fuertemente diagenetizadas y consolidadas.

Analizando estos depositos se observan gran cantidad de fosiles, lo cual demuestra que es una estructura totalmente agena a la génesis de la terraza fluvial, tratándose probablemente de un bloque desprendido de la propia vertiente.

Litofacies y estructra sedimentaria: gravas masivas con apenas estructura sediementaria definida. Facies Gm.

Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico (Fig.111) muestra una deficiente clasificación del material y una base bien desarrollada que alcanza hasta el umbral de 40-60 cm. La distribución de los cantos en los diferente grupos granulométricos es muy heterogénea. Se presentan dos máximos, el principal de 4-6 cm. y el secundario en 16-24 cm. La

mediana es de 8 cm. y el centilo de 60 cm. en caliza. Pero lo más destacable es el altísimo porcentaje de bloques (superiores a 24 cm.), de además aspecto redondeado, que ofrece este depósito (19%), lo cual indica un medio de alta energía en el momento de la deposición.

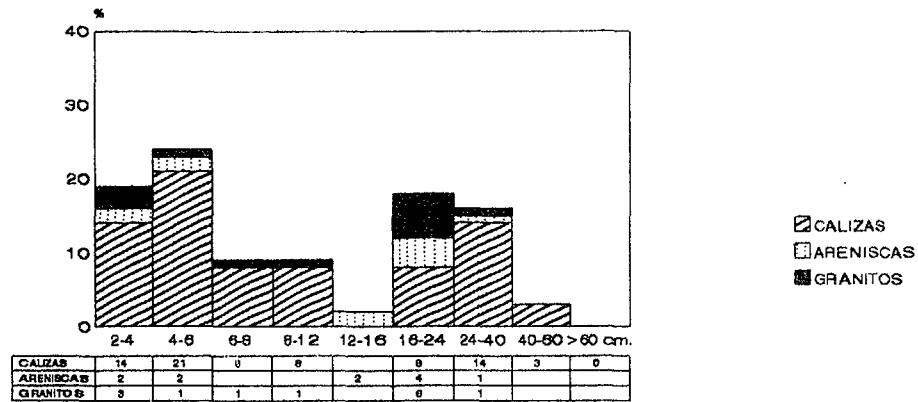
Desde el punto de vista litológico (Fig.111) las calizas vuelven a predominar con un 76% frente a las areniscas con un 11%. Llama la atención (como ya hemos anunciado anteriormente en la terraza +55-60 m) el altísimo porcentaje que ofrece esta acumulación (T +58-64 m.) de material granítico (13%). Hemos de señalar una significativa diferencia de estos porcentajes entre la margen izquierda (mucho más abundante) y la margen derecha.

Respecto al desgaste (Fig.111) la mediana presenta el valor más alto de todo el perfil (318 cm.), lo cual indica una elevada torrencialidad, siendo esta la causa que explica la presencia de dos elementos rotos, con desgaste inferior a 100, debido a fragmentaciones acontecidas durante el transporte de este material. El porcentaje de cantos con desgaste superior a 250 es de 78%, donde un 6% son prácticamente esféricos (superior a 500).

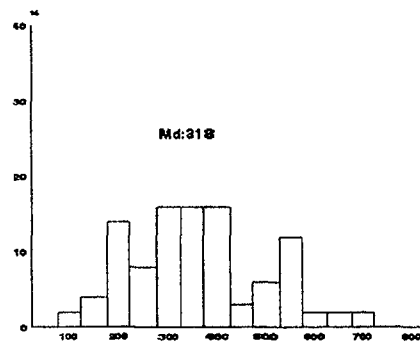
El histograma de aplanamiento (Fig.111) presenta una base ancha con máximo principal en el intervalo 2,75-3,00. La mediana es bastante alta 2.09, pero lo más significativo sigue siendo el alto porcentaje de cantos muy aplanados (42%), aunque los elementos de bajo aplanamiento, es decir inferior a 1,5, han aumentado algo más (14%).

Existe una sustitución litológica de la carga aluvial ya que las calizas es decir, el aporte lateral, es muy importante y desplaza al grupo de las areniscas. Debido a la alta torrencialidad que caracteriza al río en este sector (potenciado por el encañonamiento que ofrece la cluse del Anticlinal de Boltaña), sus aluviones antiguos muestran altos índices de desgaste y aplanamiento. Los aportes longitudinales son muy importantes en las terrazas de la margen izquierda (T +58-64m y T +55-60m).

J1 Terraza 58-64m



Indice de Degrado
JANOVAS J1. TERRAZA 58-64m M.I.



Indice de Apertamiento
JANOVAS J1. TERRAZA 58-64m M.I.

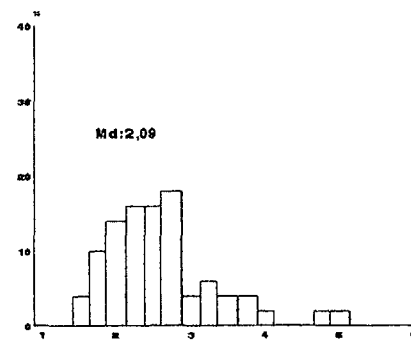


FIG.111 RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.



Foto 20. Nivel de acumulación fluvial +58-64 m. (J1).



Foto 21. Depósito de Grezè Litée. (J6) .

Análisis de la fracción fina.

En lo que corresponde a la distribución general de las arenas, limos y arcillas, los depósitos del perfil de Jánovas ofrecen rasgos muy similares: el material detrítico está formado mayoritariamente por arenas (79%) siendo esta muestra la que alcanza mayor porcentaje de todo el perfil. Los limos son muy escasos (3%) y el material arcilloso está bien representado (18%) (Fig.113).

El histograma que presenta este suelo es trimodal (Fig.112) aunque existe un mayor acumulación de sedimento en la fracción de arena fina, los tres últimos tamices retienen el 55,62% del total de la muestra indicando procesos edafogenéticos.

La curva acumulativa es parabólica (Fig.112) con clara tendencia logarítmica señalando una importante perturbación de la acumulación tras la deposición inicial. La curva es simétrica y el resto de los parámetros están muy perturbados por la edafogénesis y alteraciones diagenéticas que se ha desarrollado sobre la terraza (Tabla 51).

6.2. CONSIDERACIONES Y SÍNTESIS MORFOLÓGICA Y SEDIMENTOLÓGICA DEL PERFIL DE JÁNOVAS.

Comentario general de los materiales gruesos

Granulométricamente este perfil presenta cierta homometría. Únicamente la T +55-60 (J4) presenta los valores más bajos de todo el conjunto ($M_d = 6$ y el número de cantos superior a 24 cm. es de 1%). El resto de las muestras tienen medias entre 8 y 11,5 cm. (Tabla 50). El valor de los centilos oscilan entre 60 y 80 cm. y el material superior a 24 cm. más abundante corresponde a la T +58-64 (J1*) con un 19%.

Desde el punto de vista litológico el porcentaje global de calizas es superior al de areniscas, siendo destacable un 1% de

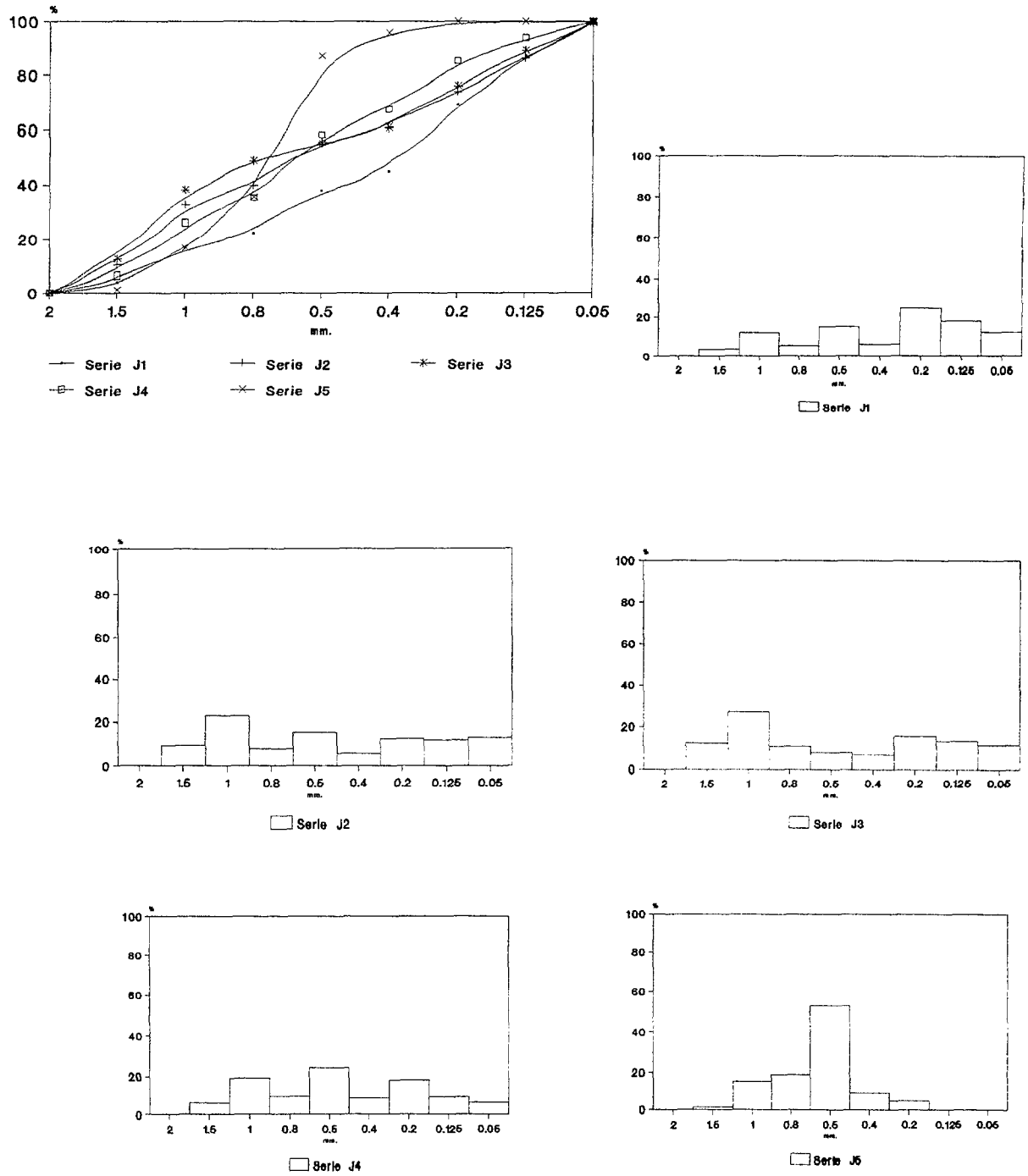
conglomerados en la barra actual. Respecto al desgaste las muestras J1 y J4 (T +50-60) presentan las medias más altas de todo el perfil (Md=318 y 307 respectivamente). El aplanamiento ofrece unas medias muy homogéneas oscilando entre 2 y 2,18.

	B. Actual	T 58-64	T 55-60 MD	T 55-60 MI
	J5	J1	J2	J4
GRANULO.				
Md cm.	10	8	11,5	6
Centilo cm.	80 (Ar)	60 (Ca)	80 (Ca)	60 (Ca)
% >24	10	19	10	1
LITOLOGÍA				
% Granito	2	13	2	7
% Arenisca	43	11	77	85
% Caliza	54	76	21	8
% Conglo	1	-	-	-
DESGASTE				
Md cm.	225	318	259	307
% < 100	4	2	6	-
% > 250	52	72	54	70
% > 500	8	6	-	8
APLANAMIE.				
Md cm.	2	2,09	2,02	2,18
% < 1.5	4	14	20	8
% > 2.5	50	42	30	44

Tabla 50. Indices granulométricos y morfométrico.

Comentario general de la fracción fina.

La distribución de arenas, limos y arcillas de los distintos depósitos de este perfil, se comportan en general, de forma muy similar: La fracción arenosa es la más abundante (como se observa en el diagrama triangular, Fig.113) con una media del 69% (Tabla 52). El limo sigue siendo la fracción granulométrica de valores más bajos (5%). No obstante, sus porcentajes llegan a ser muy dispares entre un 1% un 15%, lo cual provoca un elevado índice de variación (1,20), llegando a tener el valor más alto de todos los perfiles estudiados a lo largo del río Ara. Por último, la fracción arcillosa ofrece un valor medio del 26%, estando bien representadas todas sus muestras.



JANOVAS

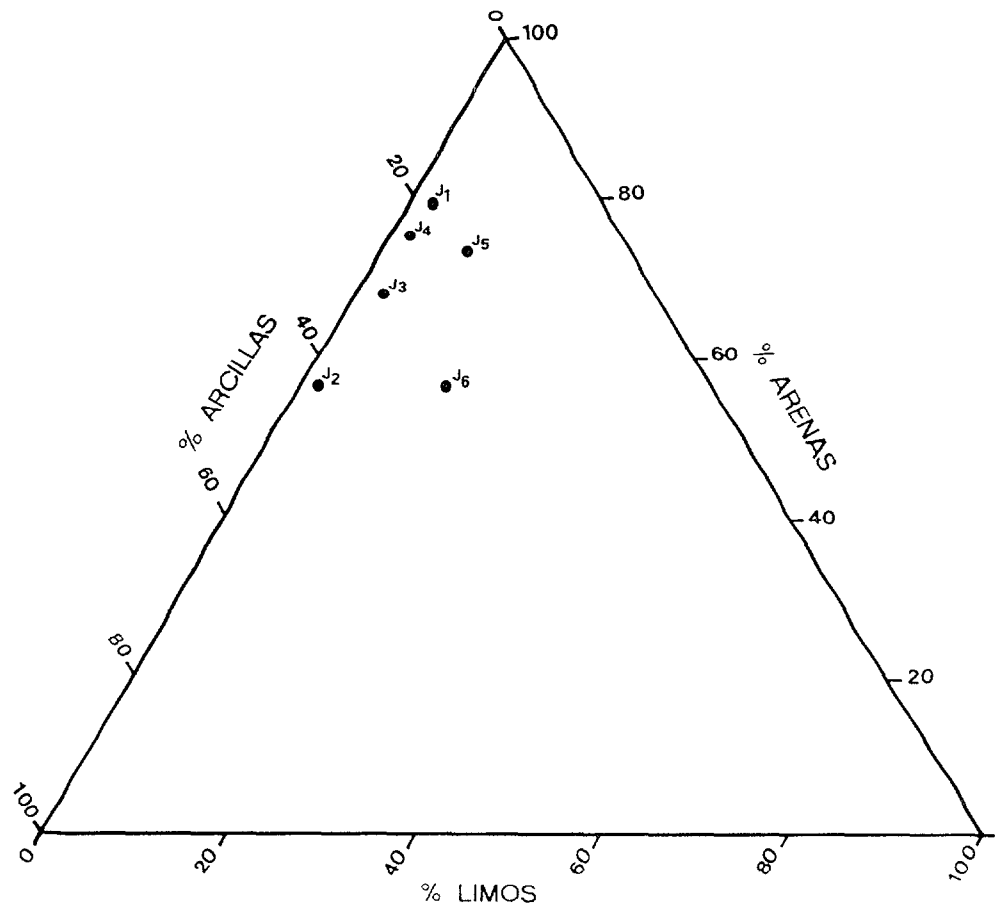


FIGURA 113 . DIAGRAMA TRIANGULAR DEL PERFIL DE JANOVAS

Muestra	Textura %			Parametros de la Fase Arenosa					
	Arenas Finas	Arenas Medias	Arenas Gruesas	Q50 (1)	Mz (1)	OI (2)	So (2)	SK (2)	Kg (2)
J1	31,14	46,67	22,14	340	360	1,39	2,36	-0,02	0,84
J4	14,73	50,22	35,01	669	529	1,21	2,44	0,23	0,87
J5	0	64,99	34,98	698	713	0,49	2,26	-0,09	1,03
J2	25,61	34,31	40,05	590	410	1,49	3,71	0,32	0,75
J3	23,11	38,86	38,61	566	494	1,48	2,86	0,25	0,72

Tabla 54 . ANALISIS SEDIMENTOLOGICO DE LA FRACCION FINA DEL PERFIL DE JANOVAS

(1) Unidades expresadas en micras.
(2) Unidades expresadas en phi.

MUESTRAS	Arcilla	Limo	Arena
	%	%	%
J1 T(58-64m) S.R.	18	3	79
J4 T(55-60m) M.I.	23	1	76
J6 Grezès Litées	28	15	57
J5 Barra Actual	17	9	74
J2 T(55-60m) M.D.	43	1	56
J3 T(55-60m) S.R.	28	3	69
Desviación Estandar	9	6	10
Media Aritmética	26	5	69
Coefficiente Variación	0,36	1,20	0,14

Tabla 52. Composición de la matriz fina

6.3. PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS Y MINERALOGICAS

Todas las tomas de este perfil son similares en cuanto al pH, con valores alcalinos, $8,2 \pm 0,6$ (Tabla 53), excepto la muestra J3 (T55-60m) que está cercana a la neutralidad ($\text{pH} = 7,1$). En esta toma la conductividad es baja ($92 \mu\text{s}/\text{cm}$) frente a las más altas J4 (T55-60m) y J6 (grezès litées), ambas pertenecientes a la margen izquierda, con $230 \mu\text{s}/\text{cm}$.

Las calcimetrías $28,8 \pm 27,3$ aportan tres grupos de datos, unos con concentraciones de carbonato bajas o casi inexistentes compuesto por J3, J2 (T55-60m) y J1 (T58-64m), intermedio J4 y altos J5 (Barra actual) y J6. La media del conjunto de todas las muestras se sitúa en $20,8\%$.

MUESTRAS	pH	Cond.	Calci.
		$\mu\text{s}/\text{cm}$	%
J1 T(58-64m) S.R.	8,5	175,5	3,1
J4 T(55-60m) M.I.	8,4	258,0	8,8
J6 Grezès Litées	8,4	227,8	45,8
J5 Barra Actual	8,2	139,8	64,3
J2 T(55-60m) M.D.	8,6	152,8	2,2
J3 T(55-60m) S.R.	7,1	91,8	0,6
Desviación Estandar	0,6	60,5	17,3
Media Aritmética	8,2	174,2	20,8
Coefficiente Variación	0,06	0,34	1,31

Tabla 53. Propiedades físico-químicas.

Los porcentajes de fracción ligera y pesada de este perfil se mantienen de modo similar. Únicamente la T +55-60m (J4) presenta un contenido bajo de fracción pesada (18%) (Tabla 54). Por el contrario, y como ya viene siendo habitual, la barra actual ofrece el porcentaje más elevado (36%), aunque no llega a los contenidos alcanzados por la misma acumulación en Ligüerre de Ara. Por otra parte el porcentaje de la fracción ligera oscila entre el 64% y 82%.

	Fr. Pesada	Fr. Ligera
J4 T(55-60m) M.I.	18%	82%
J2 T(55-60m) M.D.	25%	75%
J6 Grezès Litées	20%	80%
J5 Barra Actual	36%	64%
J1 T(58-64m) S.R.	31%	69%
J3 T(55-60m) S.R.	30%	70%

Tabla 54. Porcentaje de fracción ligera y pesada.

Las seis muestras de Jánovas presentan en fracción pesada turmalina, circón y rutilo para todas ellas. La turmalina $27 \pm 6\%$ (Tabla 55), presenta valores bastante similares en todo el perfil siendo el suelo rojo de T +58-64 (J1) el más elevado con 37%. Para el circón $28 \pm 10\%$, el máximo corresponde al depósito de grezès litées (J6) (49%) y el mínimo J1 (16%). Parece ser, que el mayor contenido de minerales resistentes lo ostenta el coluvión con material aportado directamente de la ladera. Por su parte el rutilo $15 \pm 8\%$ tiene el máximo en J6 (29%) y el mínimo (7%) en el suelo rojo que sustenta la T +55-60 (J3).

En menores cantidades y muestras, aparece biotita en las terrazas más elevadas del perfil (J1, J3 y J4) con valores próximos al 18% y estaurolita en J2, J3, J4 (Fig.114).

FRACCION PESADA



FRACCION LIGERA

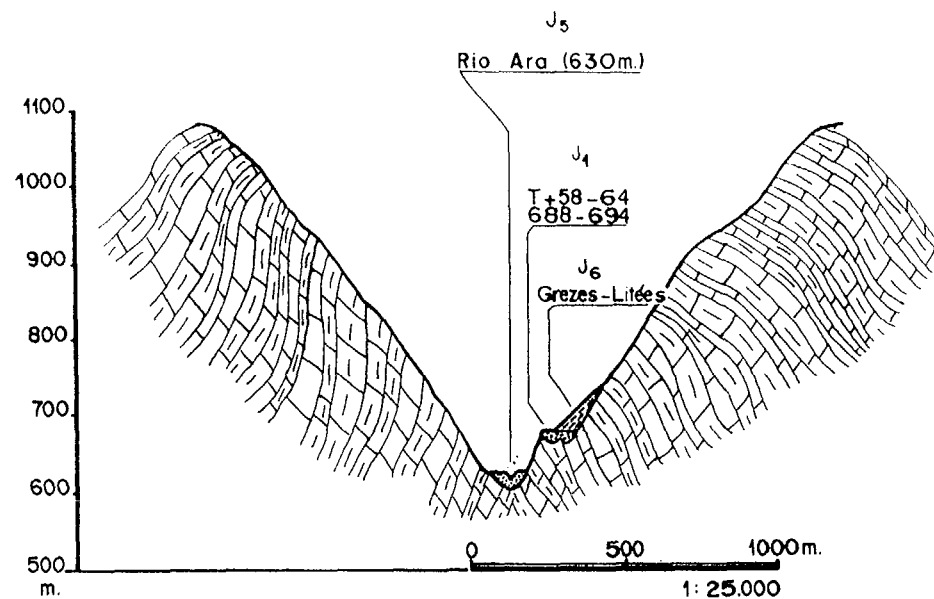
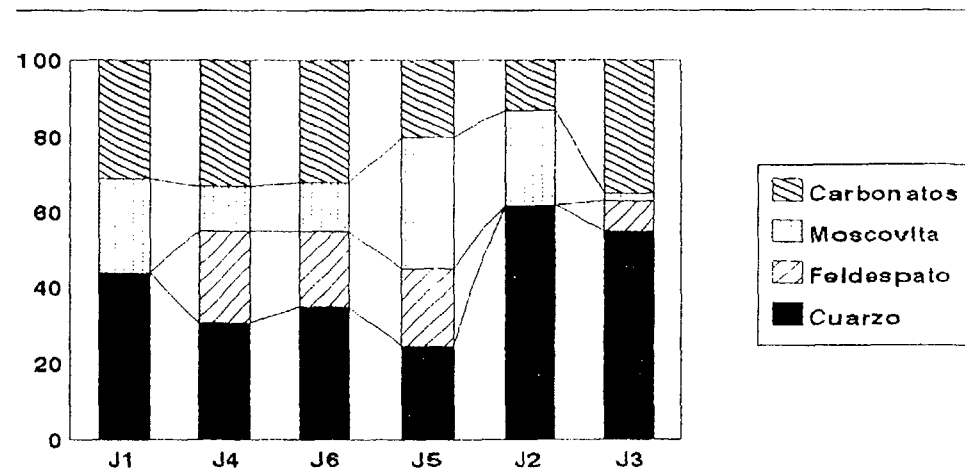


FIG. 114 VALLE DEL RIO ARA. SECTOR ANTICLINAL
DE BOLAÑA

	TUR	CIR	RUT	BIO	CLO	EST	EPI	HIP	HOR	SIL	ANA	FLU	DIS	BRO	AND	Fracción pesada				Fracción ligera			
J1	37	16	12	21	14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	44	--	25	31				
J4	28	29	9	20	--	5	--	--	--	7	--	--	--	2	--	31	24	12	33				
J6	22	49	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	35	20	13	32				
J5	31	22	9	--	--	--	--	--	38	--	--	--	--	--	--	25	10	3	31				
J2	21	24	23	--	--	16	--	--	--	--	--	16	--	--	--	62	--	25	13				
J3	24	26	7	16	--	15	--	--	--	--	--	2	10	--	--	55	8	2	35				
D.E.	6	10	8													11		9	8				
M.A.	27	28	15													44		13	27				
C.V.	0,21	0,36	0,53													0,25		0,69	0,3				

Tabla 55. Composición mineralógica de la fracción ligera y pesada del perfil Jánovas en %.

Esporádicamente aparece clorita, fluorita y distena en las terrazas más elevadas del perfil J1 J2 J3; por último, hay que destacar un porcentaje bastante alto de hornblenda en la barra actual J5 (38%).

Para la fracción ligera son minerales comunes el cuarzo, la moscovita y el carbonato. El cuarzo $44 \pm 11\%$, toma el valor máximo (62%) en la T +55-60 m.; J2 siendo Jánovas el único perfil en el que el cuarzo supera al carbonato. La moscovita $14 \pm 9\%$ tiene el porcentaje más alto en las terrazas +58-64 m.y +55-60 m.(J1 y J2 respectivamente) (25%). El carbonato $27 \pm 8\%$, presenta valores muy similares en torno al 33%, excepto en J2 (13%) dónde el valor es sustancialmente más bajo.

Por último, el feldespato presenta cantidades entre 24% y 8% exceptuando la T +58-64 m. y T +55-60 m. (J1 y J2 respectivamente) en las que no aparece.

La difracción de Rayos X indica un predominio de los carbonatos en J5, 62% y J6, 51% (Tabla 56) y los silicatos en el resto de las tomas, con mención especial del anfíbol en J1 y la ausencia de feldespatos en esta misma toma, existiendo en todas las demás. En J3 y

J4 se da una concentración elevada de filosilicatos superando el 40%, mientras el conjunto de las muestras es de $27 \pm 16\%$.

La mineralogía de arcillas presenta los tres tipos de arcillas: caolinita, illita y esmectita, excepto en J4 que no tiene caolinita. En algunas tomas aparece sepiolita tales como J4, J5, J6, y en otras clorita, J1 y J2. Se debe indicar que la illita en J3 y J4 no supera el 50%, estando por debajo de la media del total de las muestras $67 \pm 17\%$. Además se reconocen interestratificados illita-esmectita en todas las tomas, excepto en J3. Merece destacar la buena cristalinidad que presenta para la illita en J1 86% y J2 79%.

MUESTRAS	Carb. %	Q %	EK %	F.CaNa %	Anfib. %	Hemat. %	Filo. %	K %	Il %	S %	C %	Se %
J1 T(58-64m) S.R.	27	61	0,5	0,5	0,5	6	6	10	86	2	2	0
J4 T(55-60m) M.I.	13	11	24	10	-	3	48	-	47	17	-	36
J6 Grezès Litées	51	10	-	10	-	-	29	10	66	19	-	5
J5 Barra Actual	62	13	5	7	-	-	13	5	78	15	-	2
J2 T(55-60m) M.D.	-	62	-	-	-	10	28	14	79	2	5	0
J3 T(55-60m) S.R.	1	43	2	8	-	6	40	38	47	15	0	0
Desviación Estandar	26	25	9	5	0,2	3,9	16	13	17	8	2	14
Media Aritmética	26	33	6	6	0,2	4,2	27	13	67	12	1	7
Coefficiente Variación	1,01	0,75	1,77	0,76	1,00	0,92	0,58	1,03	0,25	0,65	1,65	1,98

Tabla 56. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas con sus parámetros estadísticos.

El análisis químico presenta una concentración uniforme para Al_2O_3 $16 \pm 0,42\%$; para TiO_2 , son elevadas las concentraciones de J3 y J4, siendo anormalmente baja para J2 con $0,01\%$. La cantidad de K_2O se eleva en J2 y J5, manteniéndose $1,89 \pm 0,62\%$ en el resto de tomas. En los contenidos de Na_2O destaca el bajo valor de J1 con $1,62\%$, superando las demás el 10% . Para el MgO , destacan J6 ($1,02\%$) por ser más alta que el resto de las muestras $0,53 \pm 0,25\%$. El contenido de CaO es muy variable, muy bajo en J2 ($0,78\%$) y muy alto en J5 ($10,57\%$) y J6 ($8,89\%$) siendo el valor de las muestras de $4,35 \pm 4,28\%$ (Fig.115).

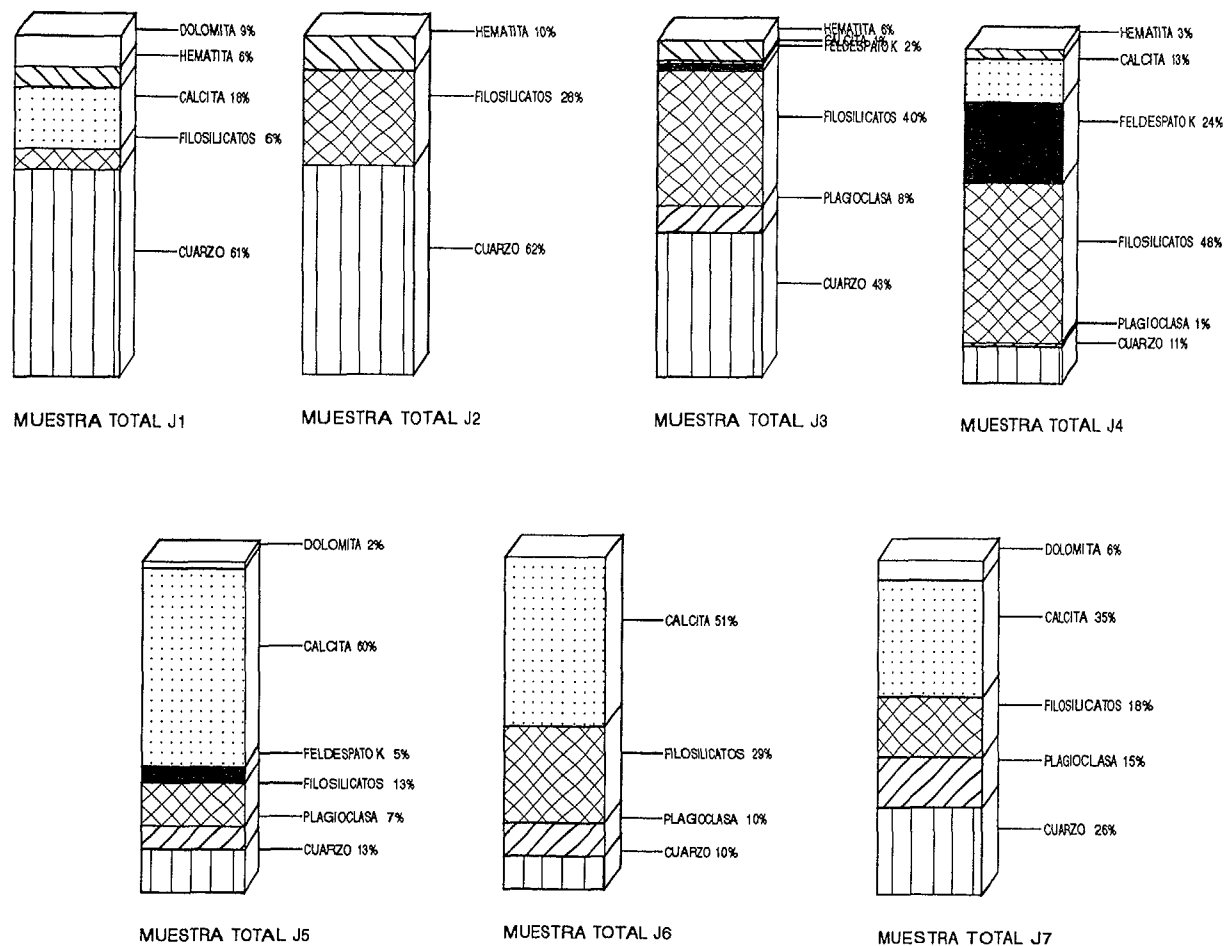


FIGURA 115 . HISTOGRAMA MINERALOGICO DEL PERFIL DE JANOVAS-ANTICLINAL DE BOLTAÑA.

MUESTRAS	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Ti O ₂ %	MnO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
J1 T(58-64m) M.I.	9,31	1,23	0,43	1,62	1,49	0,15	0,13	15,81	69,82
J4 T(55-60m) M.I.	6,19	2,88	0,55	13,67	3,04	0,21	0,10	15,90	57,35
J6 Grezès Litées	2,20	8,98	1,02	10,36	1,50	0,12	0,01	15,22	60,59
J5 Barra Actual	1,84	10,57	0,48	12,19	1,45	0,15	0,01	16,58	56,73
J2 T(55-60m) M.D.	5,81	0,78	0,37	1,34	2,14	0,01	0,20	16,40	62,96
J3 T(55-60m) S.R.	5,75	1,71	0,34	10,50	1,73	0,21	0,10	16,09	63,57
Desviación Estandar	2,78	4,28	0,25	5,40	0,62	0,07	0,07	0,42	4,81
Media Aritmética	5,18	4,35	0,53	8,28	1,89	0,14	0,09	16,00	61,83
Coefficiente Variación	0,53	0,98	0,47	0,65	0,32	0,50	0,70	0,03	0,07

Tabla 57. Composición química de elementos mayoritarios y sus parámetros estadísticos.

Para los óxidos de hierro los valores más altos son los de J1, J2, J3, y J4 y sobre todo el primero de ellos, que llega a 9,31% en un valor medio de $5,18 \pm 2,78\%$ (Tabla 57). Como en casos anteriores las concentraciones de óxidos de hierro cristalinos $50,8 \pm 63,8\%$ son superiores a la de los amorfos, $12 \pm 6\%$, situación que se contrapone a la de los óxidos de manganeso.

MUESTRAS	Fe am. 0,01%	Mn am. 0,01%	Fe cr. 0,1%	Mn cr. 0,1%
J1 T(58-64m) S.R.	17	0,00	33	0,00
J4 T(55-60m) M.I.	13	1,29	39	1,29
J6 Grezès Litées	7	0,58	14	0,32
J5 Barra Actual	4	0,26	4	0,12
J2 T(55-60m) M.D.	13	0,00	37	0,00
J3 T(55-60m) S.R.	19	0,00	178	0,00
Desviación Estandar	6	0,5	63,8	0,5
Media Aritmética	12	0,35	50,8	0,28
Coefficiente Variación	0,47	1,42	1,25	1,78

Tabla 58. Composición química de Fe y Mn amorfo y cristalino.

Este perfil ofrece unos contenidos de hierro total muy dispares (Fig). Los contenidos más bajos corresponden en primer lugar a la barra actual (J5) con un 1,84%, seguido del depósito de Grèzes litées (J6) que alcanza un 2,20%. Estos valores se incrementan de

forma espectacular en el suelo rojo de la terraza +58-64 m. (9,31%) llegando a alcanzar el porcentaje más elevado de todos los perfiles del valle del río Ara.

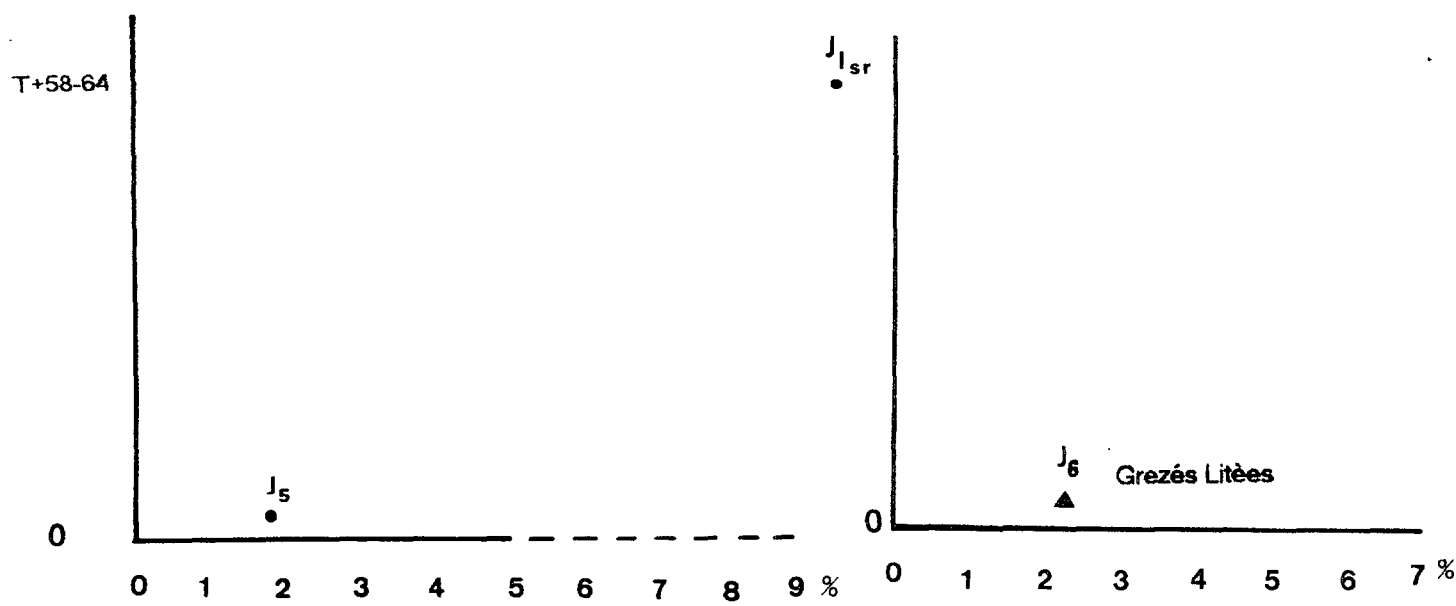


Figura 116. Variaciones del contenido de hierro total (F₂O₃) en función de la antigüedad de las terrazas.

En los elementos minoritarios merece destacar la concentración de circonio en J1 con 21 ppm; los 50 ppm del cobre en J4 y la gran dispersión del cinc en todas las muestras, 231 ± 88 ppm y con máximos de 340 ppm en J5 y J6, estando las demás tomas por encima de 160 ppm.

MUESTRAS	Pb ppm	Cu ppm	Zn ppm	Cr ppm	Ni ppm	Zr ppm
J1 T(58-64m) S.R.	<5	7	170	<1	<5	21
J4 T(55-60m) M.I.	<5	50	197	<1	<5	19
J6 Grezès Litées	5	15	341	8	5	18
J5 Barra Actual	8	13	347	8	<5	17
J2 T(55-60m) M.D.	<5	19	162	<1	<5	0,5
J3 T(55-60m) S.R.	<5	16	169	<1	<5	14
Desviación Estandar	1	15	88	4	0	7,4
Media Aritmética	5	20	231	3	5	14,9
Coefficiente Variación	0,27	0,76	0,38	1,08	0,04	0,49

Tabla 59. Composición química de oligoelementos y sus parámetros estadísticos.

7. PERFIL DE BOLTAÑA

7.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

Las terrazas altas de este perfil se encuentran fosilizadas por cortos glacis coluvionares que regularizan la ladera (Fig.117). Se trata de glacis detríticos cuyos materiales ofrecen espesores cercanos a los 5 metros asociados a pequeños abanicos aluviales formados, casi exclusivamente, por cantos y gravas.

En la margen izquierda, la terraza +65-72m. tiene un espesor cercano a 5 metros y ofrece sus aluviones bastante cementados.

Más abajo se dispone la terraza +55-60m. con un espesor también próximo a los 5 m. Sus aluviones se caracterizan por una acentuada heterometría y disposición caótica. No obstante, éstos (incluso los de mayor tamaño) evidencian un aporte bastante longitudinal, ya que presentan sus contornos bastante redondeados.

Escalonada por debajo de la anterior se dispone la terraza más baja +8-12m. visible en ambas márgenes ocupando en ellas una extensión muy similar.

En lo que respecta al fondo del valle actual, buena parte del trazado meandriforme que muestra hoy el río, en el sector de Boltaña, está controlado por la emisión detrítica de los barrancos de la zona, que una vez alojados en el fondo del valle obligan a la corriente fluvial a describir una serie de tramos sinuosos, a modo de meandros en la llanura aluvial.

El modelo de sedimentación más reciente (actual y subactual) circunscrito a un lecho predominantemente estrecho y a un curso de características meandriformes, parece contrastar tanto con la geometría en planta como a las condiciones hidrodinámicas de su corriente. En efecto, la extraordinaria amplitud de esta antigua



terrazza parece sugerir una extensísima llanura aluvial fundamentalmente alimentada por aportes longitudinales muy heterométricos y relacionadas con fuertes crecidas, ello supone una activísima fitoestabilización de las laderas y eficacia más reducida de los conos.)

Los aluviones actuales alcanzan espesores considerables entre 6 y 7 metros según la información facilitada por el M.O.P.T.X.

7.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES.

BARRA ACTUAL (Muestra B2)

Características generales de la muestra.

COLOR: 5Y/6.1
 ESTRUCTURA: débil
 CONSISTENCIA EN SECO: blando.
 CUTANES: no se observan.
 CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: pocos (de 5 a 15%)
 CONTENIDO EN RAICES: nulo.
 POROSIDAD: nula.

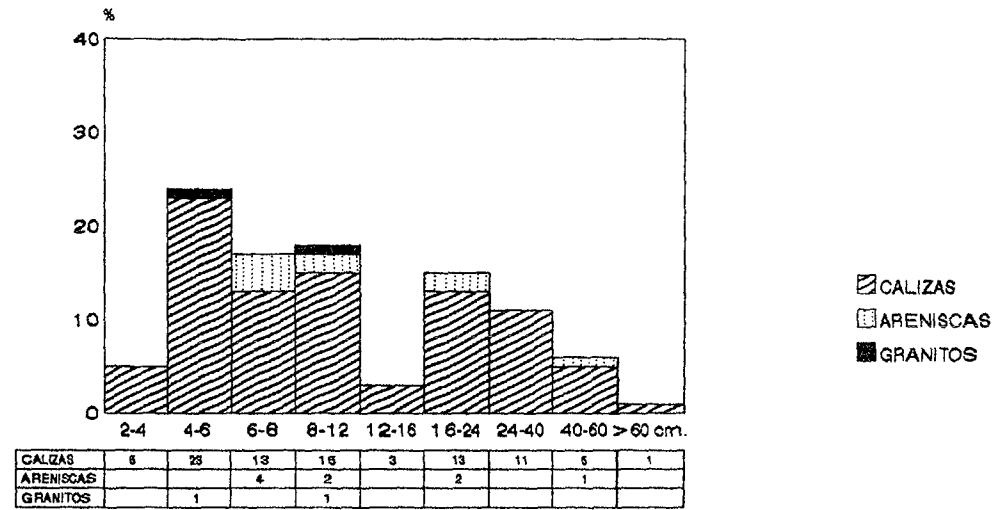
Esta barra se sitúa aproximadamente a unos 580 m. de altura. Es la parte superficial de un relleno de fondo de valle cuyo espesor total ha sido fijado en 6-7 m. gracias a los sondeos realizados en el sector.

Litofacies y estructuras sedimentarias; Gravas masivas con estratificación horizontal. Facies Gm.

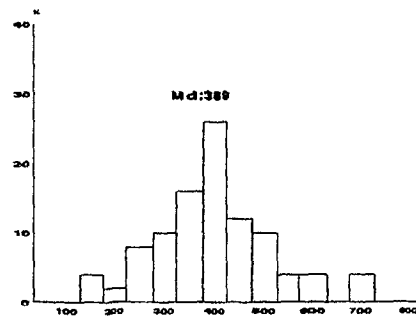
Análisis de la fracción gruesa.

Los aluviones actuales que sugieren una fuerte competencia de la carga de fondo del cauce. El histograma granulométrico por tanto, es muy alargado dado que aparecen materiales superiores a 60cm., aunque en escasa proporción (Fig.118). Ofrece varios máximos que representan varias familias granulométricas. El principal corresponde

B2 barra actual



Indice de Desgaste
BOLTAÑA B2. BARRA ACTUAL



Indice de Aplanamiento
BOLTAÑA B2. BARRA ACTUAL.

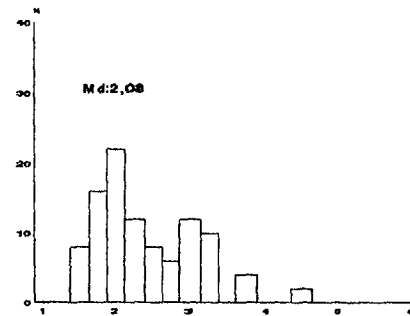


FIG.118.RASGOS LITOLOGICOS,GRANULOMETRICOS Y MORFOMETRICOS.

a la fracción 4-6 cm. con un 24% del material, y dos máximos secundarios situados en el intervalo 8-12 cm. (18%) y 16-24 cm. (15%). La existencia de tantos máximos está indicando, posiblemente, distintas procedencias de los aportes (longitudinales y laterales), a partir de los barrancos que se encuentran localizados en este sector. La mediana es de 9 cm. y el centilo alcanza un tamaño cercano al metro (90 cm.) y coincide con un elemento de naturaleza caliza. También es significativo como hemos apuntado anteriormente, que exista un 18% de bloques con tamaño superior a 24 cm.

En cuanto a la composición litológica (Fig.118) de esta barra actual se puede ver como se ha generalizado un cambio sustancial respecto a los perfiles situados aguas arriba de Jánovas. Se ha producido un progresivo fenómeno de sustitución de carga en el que la litología caliza (siendo en todo el perfil superior al 50%) ha mermado la presencia de otros grupos litológicos, especialmente el de las areniscas que se han reducido notablemente, representando únicamente un 9%. Lógicamente aparecen pequeños porcentajes de granitos (2%) que como ya hemos indicado son materiales relacionados con la zona de cabecera.

Este cambio litológico tan acusado, ha sido motivado por la retoma que el cauce del río Ara ha efectuado, al atravesar la cluse abierta en el Anticlinal de Boltaña, a partir de las calizas aflorantes en esta zona. Ello explica esa significativa sustitución del material arenoso por el calizo, en las terrazas de Boltaña y en menor medida en Ainsa como veremos más adelante.

La torrencialidad puesta de manifiesto en el histograma granulométrico y la competencia del transporte se muestra de forma análoga en el histograma de desgaste (Fig.118). El aspecto de éste es casi unimodal, con un máximo muy destacado en el intervalo 350-400 y con una mediana muy elevada (369). También es importante destacar que el porcentaje de materiales con desgaste superior a 250 es de 98%.

Ello se acentúa más si examinamos el porcentaje de elementos con gran desgaste (superior a 500) que alcanza el valor de 12.

El histograma de aplanamiento (Fig.118) vuelve a resaltar las mismas ideas ya expresadas anteriormente. Se trata pues, de un material rodado con un aplanamiento bajo para una litología como la caliza ($Md\ IA=2,08$), siendo, sin embargo, el porcentaje de cantos con pequeños aplanamientos (inferior a 1,5) muy bajo 2%, mientras que el porcentaje de elementos aplanados (superior a 2,5) es de 42% que es consubstancial a este tipo de litologías.

Análisis de la fracción fina.

En la distribución de las arenas, limos y arcillas, la Barra actual presenta un clarísimo predominio de la fracción gruesa: la arena con un 97%, frente a los escasísimos porcentajes de las fracciones más finas (un 1% de limos y un 2% de arcillas) (Fig.130).

El histograma es ligeramente bimodal (Fig.128). La fracción de arena fina está ausente y hay un déficit de arena media, siendo únicamente significativo el contenido del tamiz 0,5 mm. con un 17,28% del sedimento (el resto de los tamices de esta fracción sólo suman un 1,76% del total de la fracción arenosa). Por el contrario, existe un claro predominio de arena gruesa con un máximo en el tamiz 1mm. del 42,45% de la muestra total.

La curva es parabólica con retención de los calibres de mayor envergadura y pérdida del material fino como corrobora el histograma granulométrico (Fig.127). La sedimentación es forzada con predominio del lavado sobre la decantación.

LLANURA DE INUNDACIÓN (Muestra B8)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 6/2

ESTRUCTURA: débil.

CONSISTENCIA EN SECO: blando.

CUTANES: no se observan.
 CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: nulo.
 CONTENIDO EN RAICES: nulo.
 POROSIDAD: nula.

El modelo de sedimentación actual está circunscrito a una estrecha llanura de inundación y a un curso de características meandriformes. Al igual que en otras llanuras de inundación se encuentra colonizada por pinos y sauces fundamentalmente lo que proporciona gran estabilidad a sus márgenes.

Análisis de la fracción fina.

En la distribución de arcillas, limos y arenas vuelve a ser la fracción arena la mejor representada (81%), seguida de un moderadamente porcentaje de arcilla (16%) y una escasa presencia de los limos (3%) como muestra el diagrama triangular (Fig.130).

El histograma es unimodal con gran homometría del sedimento, concentrándose el 81,63% del total de la muestra en los últimos tamices y un máximo en el tamiz 0,125 mm (Fig 129).

La curva es hiperbólica del tipo sigmoidal (Fig.127) ligeramente tendida lo que indica un predominio de la decantación sobre el lavado y una moderada agitación del medio. La talla media de material (Tabla 61) es baja 180 μ y la clasificación como indica el índice de Trask (0,83) es buena. La skweness (-0,15) es negativa lo que revela una mayor presencia de la fracción gruesa. La velocidad de la corriente que originó este depósito no superó muchas veces su velocidad normal, siendo un ambiente tranquilo, poco agitado y nada enérgico. La sedimentación se realizó por exceso de carga predominando la decantación sobre el lavado. No se aprecian remociones deposicionales.

7.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

TERRAZA +8-12 Margen Derecha (Muestra B6)

Características de la muestra.

COLOR: 10YR 6/3

ESTRUCTURA: moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: prácticamente nulo

CONTENIDO EN RAICES: muy pocas y muy finas.

POROSIDAD: nula.

Esta terraza del perfil de Boltaña ofrece un corte visible de 3 m. aproximadamente. De muro a techo, la columna nos ofrece dos metros de aluvión grueso sin estructura ninguna (tipo Vrack). Tampoco se observa el substrato; tras un contacto brusco y neto aparecen 20 centímetros de limos y arcillas algo estratificadas y que están fosilizadas por 50 cm. de material coluvionar altamente aristado.

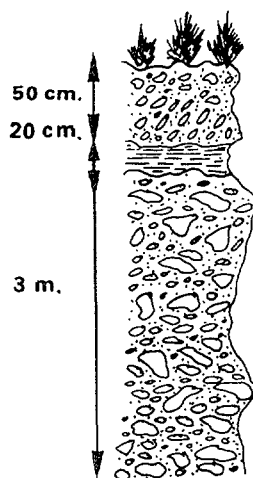


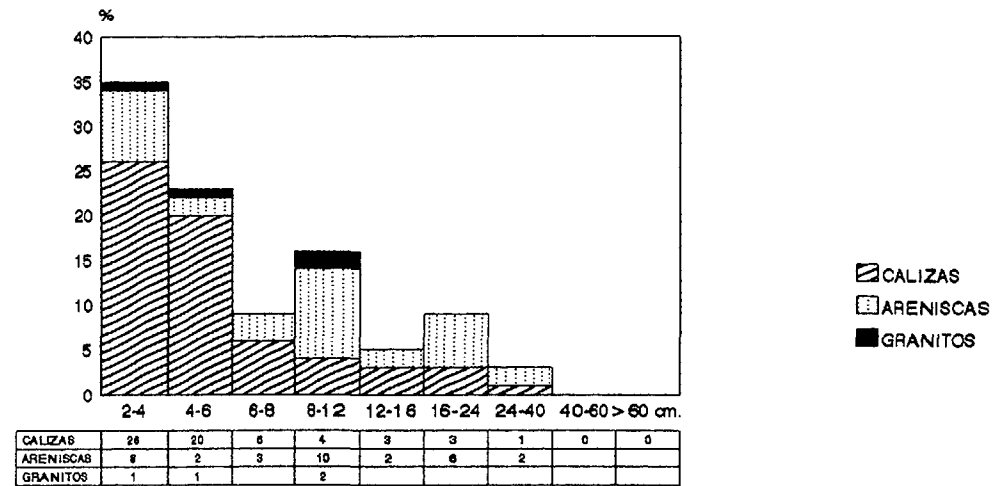
Fig. 119. Terraza +8-12 m.

Litofacies y estructura sedimentaria. Gravitas masivas y gravitas algo estratificadas horizontalmente. A techo tiende haber imbricaciones. Facies Gm.

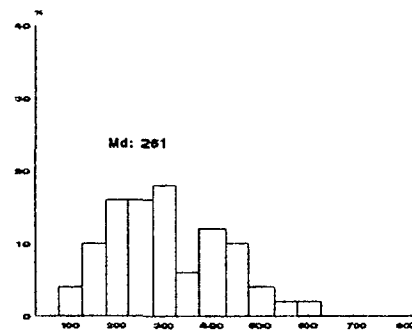
Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico de los materiales que componen esta terraza (Fig.120), muestra un claro predominio de los cantos más pequeños, tal y como se advierte en el porcentaje de fragmentos con tamaño inferior a 6 cm. El valor de la mediana es muy baja de 5 cm., al igual que el del centilo (únicamente 30 cm) en litología caliza. Se

B6 Terraza 8-12 m.



Indice de Desgaste BOLTAÑA B6. TERRAZA 8-12m M.D.



Indice de Aptitud BOLTAÑA B6. TERRAZA 8-12m M.D.

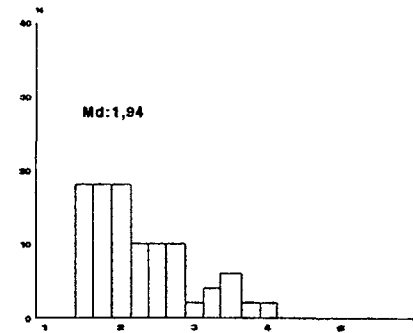


FIG.120. RASGOS LITOLOGICOS, GRANULOMETRICOS Y MORFOMETRICOS.

trata, además, de unos aluviones bien clasificados y con distintas familias puesto que existen tres máximos: uno principal situado en el umbral 2-4 cm. (con un 35% del material), otro en 8-12 cm (16%), y el último en 16-24 cm. (9%) ello viene a indicar una competencia del medio fluvial con características ciertamente tranquilas y moderadas, dentro de la torrencialidad que está mostrando este valle en sus distintos niveles.

Desde el punto de vista litológico (Fig.120) el predominio vuelve a corresponder a las calizas con 63%, mientras que las areniscas se mantienen en un 33% y los materiales graníticos están en torno a un 4% alcanzando tamaños considerables (para ser aportes longitudinales) dado que se colocan en tamaños entre 8 y 12 cm.

El histograma de desgaste (Fig.120) ofrece aspectos que denuncian la importancia que los arrastres longitudinales tienen en estas terrazas: su máximo se sitúa entre 250-300 y el porcentaje de materiales que presentan poco desgaste es de 4% y por el contrario, los elementos que presentan un desgaste acentuado son el 58%. Tan sólo un 4% (de este 58%) supera el umbral de alta torrencialidad. Se trata de un histograma bimodal donde sus máximos se ajustan a las familias granulométricas descritas anteriormente.

El histograma de aplanamiento (Fig.120) está constituido por aportes bastantes heterogéneos, abundando tanto los poco aplanados (18%) como los muy aplanados (36%). La mediana es relativamente baja para ser litología caliza 1,94, lo que nos habla de una cierta forma de aspecto cúbico.

Análisis de la fracción fina.

Esta terraza muestra una distribución general de arenas, limos y arcillas característica en todo el perfil. La fracción arenosa es siempre predominante (89%) y las fracciones más finas (limos y arcillas) tienen casi la misma representación (5% y 6% respectivamente) (Fig.130).

El histograma que presenta la figura 129 es trimodal aunque con una moda muy acusada en la fracción de arenas finas. El tamiz de 0.05 retiene un 29,12% del sedimento y los tres últimos tamices acumulan el 71,3% de la muestra total. Estando muy débilmente representadas arenas medias y arenas gruesas y dominando el material de escaso calibre.

La curva (Fig.127) adopta trazos que incluyen rasgos hiperbólicos o hiperbólicos sigmoidales. Ello indica una acumulación libre con predominio de la decantación sobre el lavado en zonas protegidas por el río, es decir, no demasiado agitadas por la corriente. La talla media del sedimento (Tabla 61) es moderada (230μ) y la asimetría es negativa lo que revela una mejor clasificación de la fracción gruesa. La kurtosis (0,86) por debajo de 1 sugiere fluctuaciones en la velocidad del agente hacia valores más bajos de lo normal no detectándose remociones post-deposicionales intensas. Posiblemente sea un depósito de inundación, ruptura de canal y formación de áreas inundadas de baja energía, donde predomina la decantación sobre el lavado.

GLACIS 60 m. Margen Derecha (Muestra B7)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR / 6/4

ESTRUCTURA: débil.

CONSISTENCIA EN SECO: blanda.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: pocos, de 5 a 15%

CONTENIDO EN RAICES: nulo.

POROSIDAD: nula.

Este glacis fosiliza a la terraza +55-60 m. Tiene un espesor de 5 m. aproximadamente; el material que lo compone está asociado a un pequeño abanico aluvial y formado, casi exclusivamente, por cantos y

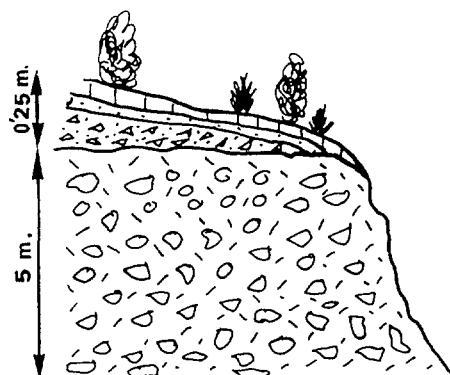


Fig. 121. Glacis +60 m.

gravas altamente aristadas donde predomina la litología caliza.

Localmente aparecen niveles muy discontinuos de arenas con espesores máximos de 30 cm. y de muy escasa continuidad lateral. La parte inferior del glacis está cementada por elementos freáticos. El origen de las gravas es posible que sea crioclástico.

Este glacis detrítico está compuesto por materiales que sólo aparecen en su segmento final, fosilizando los aluviones del Ara. Los materiales del segmento de cabecera y de los segmentos medios han sido eliminados por la erosión. Ello obliga a reconstruir la evolución de esta rampa a partir de análisis de los fragmentos detríticos que aparecen en su tramo final.

Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico (Fig.122) muestra que el material de este glacis ofrece las características típicas de un segmento final, y donde posiblemente las aguas que han transportado los fragmentos detríticos han sido aguas de arroyada difusa más que concentradas. Por ello se trata de un material muy seleccionado por la propia pendiente del glacis, dado que el 76% de los elementos tienen un tamaño menor a 6 cm. La mediana es muy baja 5 cm. y el centilo alcanza el valor de 20 cm. en arenisca.

La composición litológica global demuestra que el 96% de los fragmentos son de litología caliza y tan sólo un 4% es de naturaleza areniscosas.

El histograma de desgaste (Fig.122) muestra la escasa capacidad de rodaje de los mecanismos de arroyada dado que su mediana es muy baja (147) propia del segmento terminal de un glacis coluvionar. Así bastantes cantos (18%) no tienen ningún desgaste y por

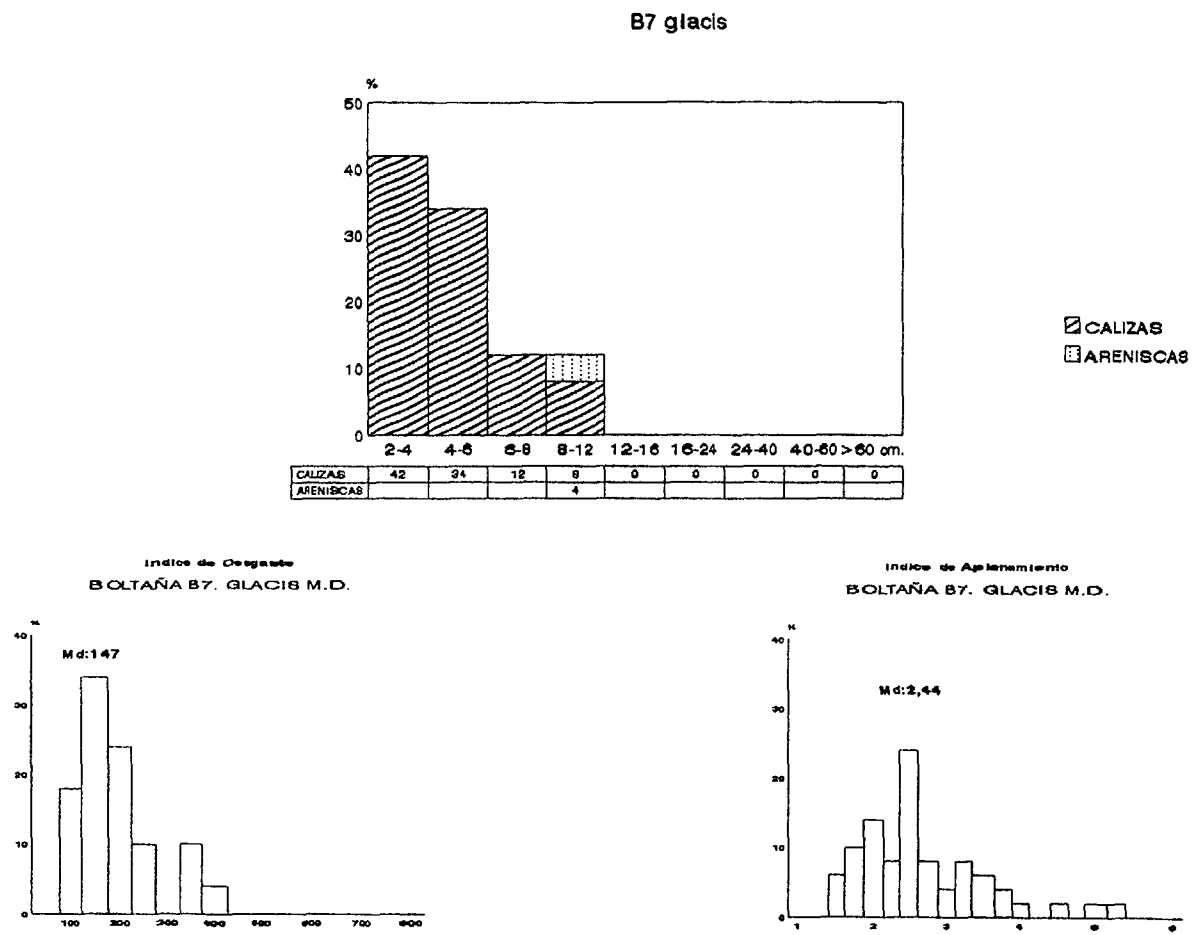


FIG.122. RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

el contrario otros elementos (14%) testimonian la existencia de un cierto accionamiento al ofrecer sus bordes redondeados.

El aplanamiento con las circunstancias que se acaban de comentar es el más elevado de todo el perfil: los procesos de rodaje han sido muy poco eficaces y, además, es muy posible que el origen del material denuncie una liberación del material a partir de procesos crioclásticos. El 64% del material tiene un elevado aplanamiento.

Análisis de la fracción fina.

Respecto a la distribución general de arenas, limos y arcillas se presenta con un amplio predominio del material arenoso (92%) (como demuestra el diagrama triangular, Fig.130) quedando superadas las arcillas (3%) por los limos (5%).

El histograma (Fig.129) presenta un alto predominio de las arenas finas. Existen modas para los tamices 0,125 y 0,2 mm. acumulando los tres últimos el 81,63% del sedimento total, mientras que la suma de los cinco tamices restantes sólo retiene un 18.33% de la muestra total.

La curva acumulativa es hiperbólica del tipo sigmoidal ligeramente tendida con sedimentación semiforzada (Fig.127). La talla media del sedimento es baja (235 μ), con una clasificación que va de moderada a pobre ($SO=1,34$). La skewness es negativa (-0,16) indicando que la fracción gruesa está mejor clasificada que la fina con predominio del lavado sobre la decantación. La kurtosis (1,35) señala fluctuaciones en la velocidad del agente por encima de la media.

TERRAZA +55-60 Margen Derecha (Muestra B5)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 6/2

ESTRUCTURA: moderadamente débil.

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: no tiene.

CONTENIDO EN RAICES: muy pocas y muy finas.
 POROSIDAD: nula.

Nos encontramos ante una terraza de gran espesor, casi 10 m. de altura que se apoya de forma nítida sobre el sustrato margoso. Se observa una gran heterometría siendo frecuentes los cantos muy gruesos.

Los materiales que forma esta terraza (incluso los más gruesos) evidencian un aporte bastante longitudinal ya que se presentan bastante redondeados.

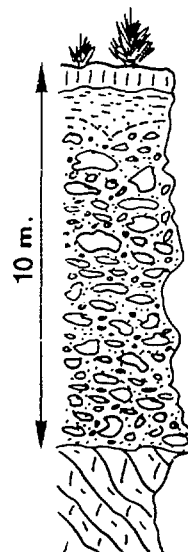


Fig. 123. Terraza +55-60 m.

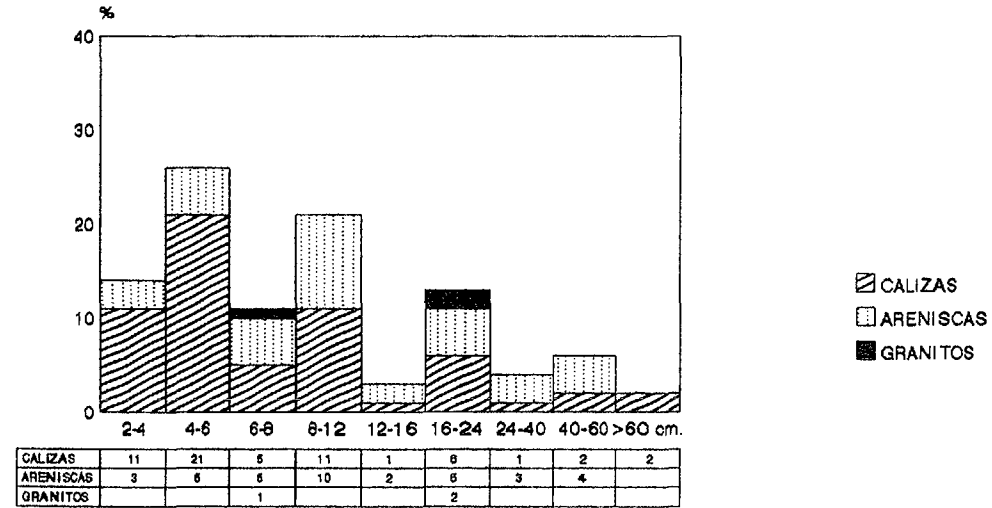
Respecto a la masa detrítica se advierte un efímero comportamiento dado que se observa varias ordenaciones o clasificaciones del material. En el techo aparece matriz fina y un horizonte argílico (suelo rojo.)

Análisis de la fracción gruesa.

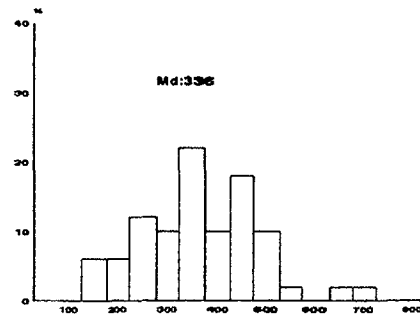
Esta terraza está constituida por material esencialmente torrencial como sugiere el histograma granulométrico (Fig.124) con cuatro máximos que indican procedencias distintas. Los materiales más pequeños corresponderían fundamentalmente a los aportes longitudinales con un máximo principal en el umbral 4-6 cm. donde se recoge un 26% del material. Pero existen otros máximos situados en 8-12 cm. (22%), 16-24 cm. (13%) y 40-60 cm. (6%) que están evidenciando transportes procedentes de distintos parajes de la cuenca y asociados a aportes laterales más o menos cercanos.

La mediana es de 8 cm. y el centilo alcanza un valor que supera el metro (110 cm.) en litología caliza. El porcentaje de bloques que superan los 24 cm. es acusado (12%).

B5 terraza 55-60m



Indice de Degrado BOLTAÑA B5.TERRAZA 55-60m M.D.



Indice de Aplastamiento BOLTAÑA B5. TERRAZA 55-60m M.D.

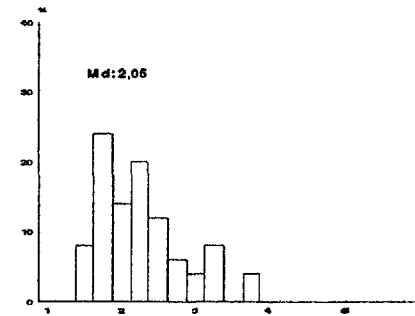


FIG.124.RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

La composición litológica (Fig.124) es casi análoga a otros histogramas de este perfil de Boltaña. El material predominante es la caliza con un 60%, las areniscas alcanzan el 37% y los granitos tan sólo el 3%.

Es muy significativo, si nos referimos a la elevada torrencialidad de este sistema, la circunstancia que dentro de este corto porcentaje de granitos, alcanzan tamaños cercanos al bloque puesto que se colocan entre 16-24 cm.

El histograma de desgaste (Fig.124) vuelve a sugerir distintos máximos y variadas procedencias, aportes longitudinales y aportes laterales provenientes de distintos sitios. El máximo fundamental se ubica entre 350 y 400. Junto a él existen otros dos situados entre 450-500 (que correspondería al de los aportes típicamente longitudinales y por último, un tercero que se sitúa entre 200-250, correspondiendo a materiales de procedencia más cercana. La mediana es muy alta (360) lo que indica un fuerte accionamiento fluvial, siendo corroborado al no existir materiales con desgastes por debajo de 100, los redondeamientos elevados alcanzan un 82%; de este 82%, un 6% corresponden a los elementos con un desgaste superior a 500.

El aplanamiento como en los histogramas de granulometría y de desgaste, vuelve a repetir distintos máximos (Fig.124) con idéntica interpretación. La base del histograma es muy corta denunciando de esta forma un material calizo sometido a acciones de rodaje que no logra eliminar las influencias texturales que tienen las calizas, dado que el 34% tienen un aplanamiento muy acentuado. La mediana se mantiene en 2,05 siendo moderada para una litología caliza.

Análisis de la fracción fina.

La distribución de arenas, limos y arcillas (Fig.130) es prácticamente idéntica a la del glacis que fosiliza esta terraza; únicamente hay que señalar una pequeña disminución en el porcentaje de limos con un 2% (anteriormente predominantes) a favor de la fracción

arcillosa (5%). La fracción que indudablemente domina sigue siendo la arenosa (93%).

El histograma que presenta la figura 129 es bimodal con ligera tendencia a trimodal. Existen modas en el tamiz de 1, 0,5 y 0,2 mm. aunque en esta última es mucho menos acusada. Destacan retenciones de un 31,11% del sedimento en el tamiz de un milímetro y del 27,89% en el tamiz de 0,5 mm. La fracción fina sólo retiene un 4,41% de la muestra total.

La curva es claramente parabólica con retención de los calibres más grueso (Fig.127). La talla media del material (Tabla 61) es muy elevada (850 μ). La skewness positiva (0,26) estando mejor clasificada la fracción fina que la gruesa. Existen ligeras variaciones en la velocidad del agente hacia valores más altos de lo normal (lo que pudo provocar un relativo lavado de finos), pero durante cortos períodos de tiempo. La acumulación es forzada y posiblemente lavado de finos con algunas remociones post-deposicionales.

SUELO SOBRE TERRAZA +55-60 Margen Dercha (Muestra B4)

Comentario general de la muestra.

COLOR: 2.5YR / 4.6

ESTRUCTURA: moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: no se observan

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: pocos.

CONTENIDO EN RAICES: pocas, finas y medias.

POROSIDAD: poca.

Análisis de la fracción fina.

En la distribución de arenas, limos y arcillas que corresponde a este nivel edáfico de la terraza anterior se observan notables cambios: lógicamente la fracción arenosa está mucho menos representada (69%), favoreciendo a las fracciones más finas, limo (15%) y arcilla (16%). Siendo estos últimos los porcentajes más elevados de todo el perfil. (Fig.130)

El histograma que presenta esta muestra es de tipo polimodal (Fig.128). Existe una alteración en la fracción arenosa, debido a la importancia de los procesos edafogenéticos y/o diagenéticos que han determinado la acumulación de elementos finos en grandes cantidades. Todo ello enmascara la curva, que pasa de ser nítidamente parabólica a groseramente logarítmica. Lo mismo ocurre con los parámetros de la skewness, índice de Trask, kurtosis, etc.

TERRAZA +65-72 Margen Izquierda (Muestra B1)

Comentario general de la muestra.

COLOR: 10YR 5/4

ESTRUCTURA: sin estructura

CONSISTENCIA EN SECO: suelto.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: muy poco (5%).

CONTENIDO EN RAICES: no tiene.

POROSIDAD: nula.

El material de esta terraza se encuentra muy cementado y la matriz presenta un color bastante rojizo. Por encima de ella se superpone un glacis con gran cantidad de arcillas, 0,5 metros de espesor (Fig.125).

Litofacies y estructura

sedimentaria; Gravas masivas con estratificación horizontal (a veces se observa cierta imbricación). Facies Gm.

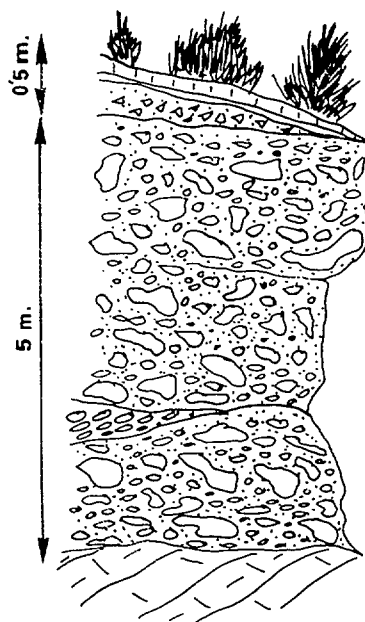
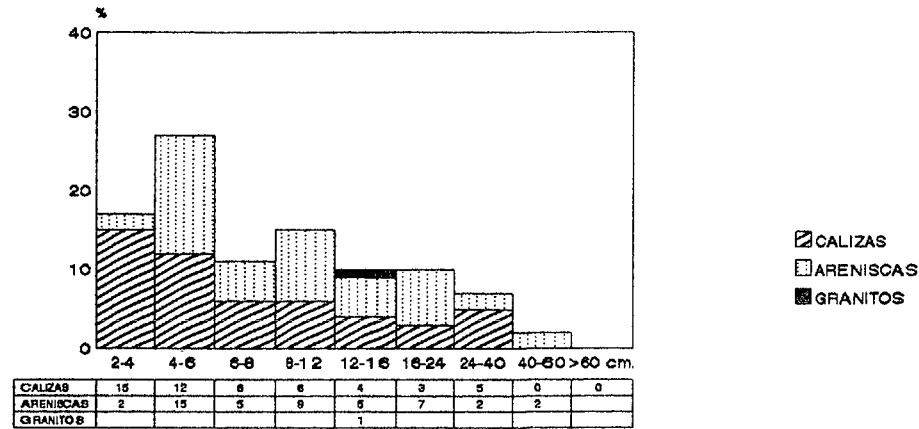
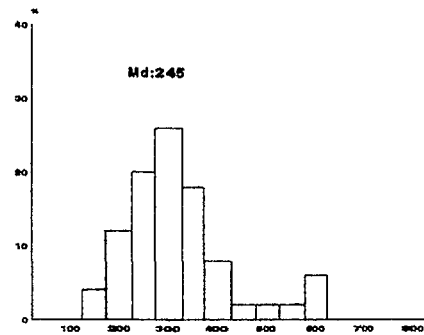


Fig. 125. Terraza +65-72 m.

B1 Terraza 65-72



Indice de Desgaste BOLTAÑA B1 . TERRAZA 65-72m M.I.



Indice de Aplazamiento BOLTAÑA.B1 TERRAZA 65-72m M.I.

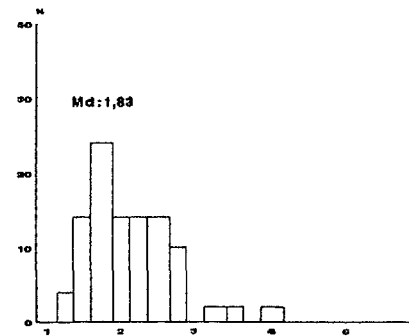


FIG.126 RASGOS LITOLOGICOS, GRANULOMETRICOS Y MORFOLOGICOS.

Análisis de la fracción gruesa.

Esta terraza presenta un histograma granulométrico (Fig.126) muy parecido al comentado en la T +55-60m. Está constituida igualmente por aportes de distinta procedencia. Nuevamente el máximo fundamentalmente se sitúa en el umbral de cantos pequeños 4-6 cm. (con un 27%); pero existen otros máximos en 8-12 cm. (15%) y elevada proporción de tamaño mayor (17%) que sugieren una contaminación, a partir de distintos aportes no sólo longitudinales sino también laterales de diferente procedencia. El valor de la mediana es igual de la T +55-65m. (8 cm) aunque el centilo desciende notablemente, (47 cm en arenisca), y el material superior a bloques se establece en un 9%.

La composición litológica (Fig.126) vuelve a mostrar una presencia más significativa de las calizas aunque tan sólo del 51% y un avance de los materiales areniscosos que alcanzan el 48%. La presencia de material granítico es totalmente testimonial 1%.

Respecto al histograma de desgaste (Fig.126) podemos decir que sufre un notable descenso con una mediana de 245. El histograma adopta casi un perfil unimodal. El máximo se localiza en 250-300 y no existe ningún fragmento con desgaste nulo, siendo muy abundantes los que superan a 250 (72%). El porcentaje de materiales muy evolucionados (es decir, con desgaste superior a 500) es de 8%.

El aplanamiento (Fig.126) es idéntico a otras terrazas de este mismo perfil, especialmente a la T 55-60 m. de la margen opuesta. La mediana es relativamente baja 1,93. Los testigos de fenómenos de rodamiento ($<1,5$) son significativos en este caso (18%) y el porcentaje de materiales que siguen sufriendo las herencias de la textura y la liberación de este material de los afloramientos rocosos se quedan en 30%.

Análisis de la fracción fina.

La distribución de arcillas, limos y arenas de la terraza más alta de Boltaña vuelve a repetir el esquema fundamental de este perfil; la fracción fina que acompaña al material detrítico grueso está formado mayoritariamente por arenas (88%). Mientras que la representación de arcillas (9%) y limos (3%) es muy escasa (Fig.130).

El histograma es bimodal, con un máximo muy nítido en el tamiz de 1 mm. de 42,74% de la muestra total, cifra que se eleva a un 66,63% si incluimos el tamiz inmediatamente anterior (Fig.128). Existe un déficit de finos y escasa representación de las arenas medias (4,47% y 19,15% respectivamente), por lo que hay un claro predominio de material poco evolucionado (arenas gruesas).

La curva es parabólica. La talla media del sedimento (Tabla 61) es de 115µ y la clasificación es buena. La deposición se ha realizado en momentos de alta energía según indica el elevado valor de la kurtosis (1,51). Predomina el lavado sobre la decantación traduciéndose en un déficit de finos. La sedimentación ha sido forzada, no observándose remociones post-deposicionales ni procesos que hayan alterado la primitiva acumulación.

SUELO SOBRE TERRAZA +65-72 Margen Izquierda (Muestra B3)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10Y/R 5.4

ESTRUCTURA: moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: pocos.

CONTENIDO EN RAICES: pocas y finas.

POROSIDAD: nula.

Análisis de la fracción fina.

Respecto a la distribución de arcillas, limos y arenas se presenta ante todo con un alto porcentaje de arcillas (31%) aunque el

porcentaje de limos sigue siendo bajo (8%). La fracción mayoritaria (como viene siendo habitual) es la fracción gruesa con un 61% de arenas (Fig.130).

El histograma es trimodal con mezcla de sedimentos (Fig.128) Existe un máximo principal en tamiz de 1 mm. y dos secundarios en el tamiz 0,5 mm. y 0,2 mm. Hay un exceso de arenas finas en los tres últimos tamices lo que obedece fundamentalmente a procesos edafogenéticos y/o diagenéticos.

La curva es parabólica y en consecuencia, la acumulación fue realizada en condiciones forzadas, predominando la decantación sobre el lavado (Fig.127). La talla media del sedimento es elevada 630 μ y esta pobremente clasificado como indica el índice de Trask (2,99). La asimetría es positiva y la kurtosis no indica fluctuaciones en la velocidad del agente (Tabla 61).

7.2. CONSIDERACIONES Y SÍNTESIS MORFOLÓGICA Y SEDIMENTOLÓGICA

Comentario general de la fracción gruesa.

Desde el punto de vista granulométrico, la talla media del material no es elevada, oscilando entre 5 y 9 cm. (Tabla 60). El centilo mayor pertenece a la T +55-60 m. (B5) con 110 cm. en material calizo. Mientras que el menor tamaño corresponde al Glacis +75 cm. (20 cm. en arenisca). El número de bloques superior a 24 cm. es de 18% (barra actual). La litología predominante es la caliza ostentando el Glacis +75 m. el mayor porcentaje 96%. El material areniscoso oscila entre 48% (T +65-72 m.) y 9% (barra actual). Respecto al desgaste la barra actual (B2) presenta la media más elevada de todos los perfiles estudiados en el río Ara (369). El material más aplanado de este perfil pertenece lógicamente al Glacis +75 m. (Md=2,44).

	Glacis 75 m B7	B. Actual B2	T 8-12 m B6	T 55-60 m B5	T 65-72 m B1
GRANULO.					
Md cm.	5	9	5	8	8
Centilo cm.	20 (Ar)	90 (Ca)	30 (Ca)	110 (Ca)	47 (Ar)
% >24	-	18	3	12	9
LITOLOGÍA					
% Granito	-	2	4	3	1
% Arenisca	4	9	33	37	48
% Caliza	96	89	63	60	51
DESGASTE					
Md	147	369	261	336	245
% < 100	18	-	4	-	-
% > 250	14	86	54	76	64
% > 500	-	12	4	6	8
APLANAMIE.					
Md	2,44	2,08	1,94	2,05	1,83
% < 1.5	6	2	18	8	18
% > 2.5	64	42	36	34	30

Tabla 60 . Indices granulométricos y morfométricos.

Comentario general de la fracción fina.

La distribución general de arenas limos y arcillas de este perfil ofrece un claro predominio del material arenoso (como sugiere una media aritmética de 84%) estando todas las muestras representadas por porcentajes superiores al 61% (Fig.130).

MUESTRAS		Arcilla	Limo	Arena
		%	%	%
B7	Glacis +75 M.D.	3	5	92
B5	T(55-60m) M.D.	5	2	93
B4	T(55-60m) S.R.	16	15	69
B6	T(8-10m) M.D.	5	6	89
B8	Llan.Inundación	16	3	81
B2	Barra Actual	2	1	97
B1	T(65-72m) M.I.	9	3	88
B3	T(65-72m) S.R.	31	8	61
Desviación Estandar		98	5	13
Media Aritmética		11	5	84
Coeficiente Variación		0,89	0,83	0,15

Tabla 62 . Distribución de la matriz fina.

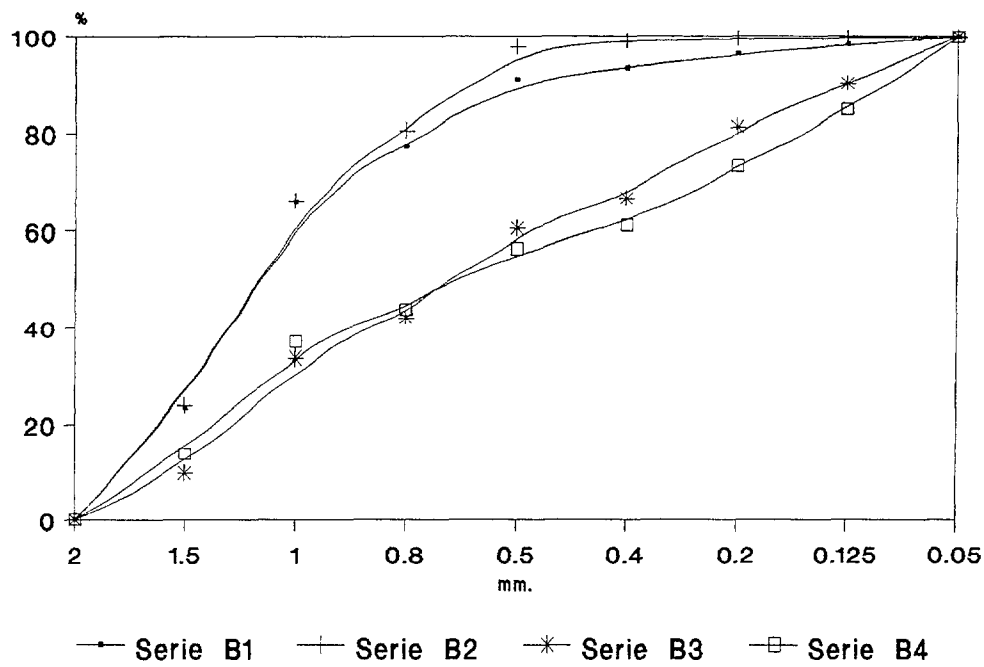
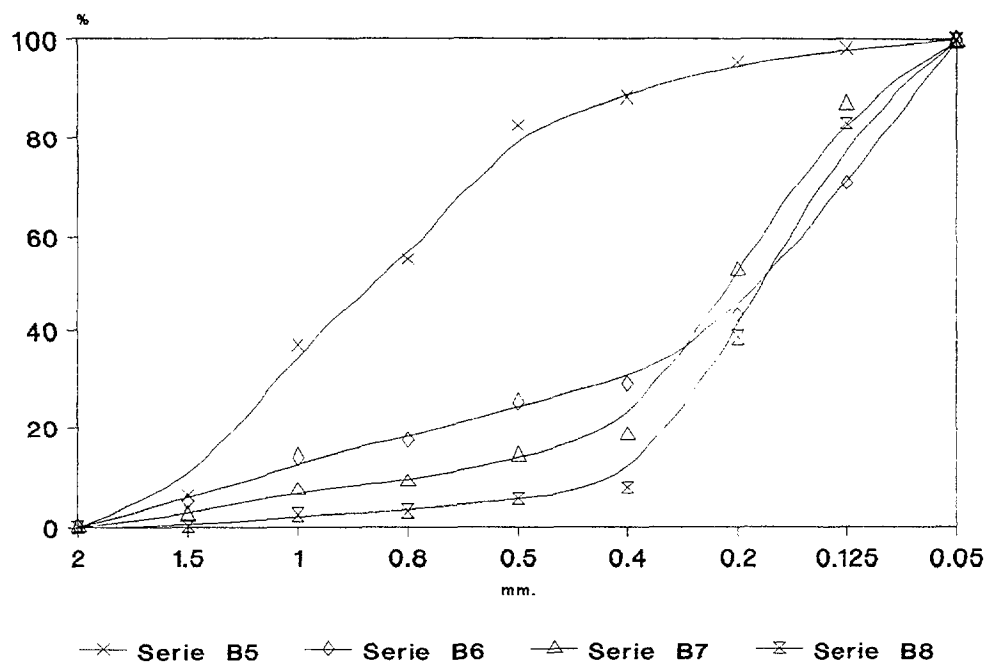
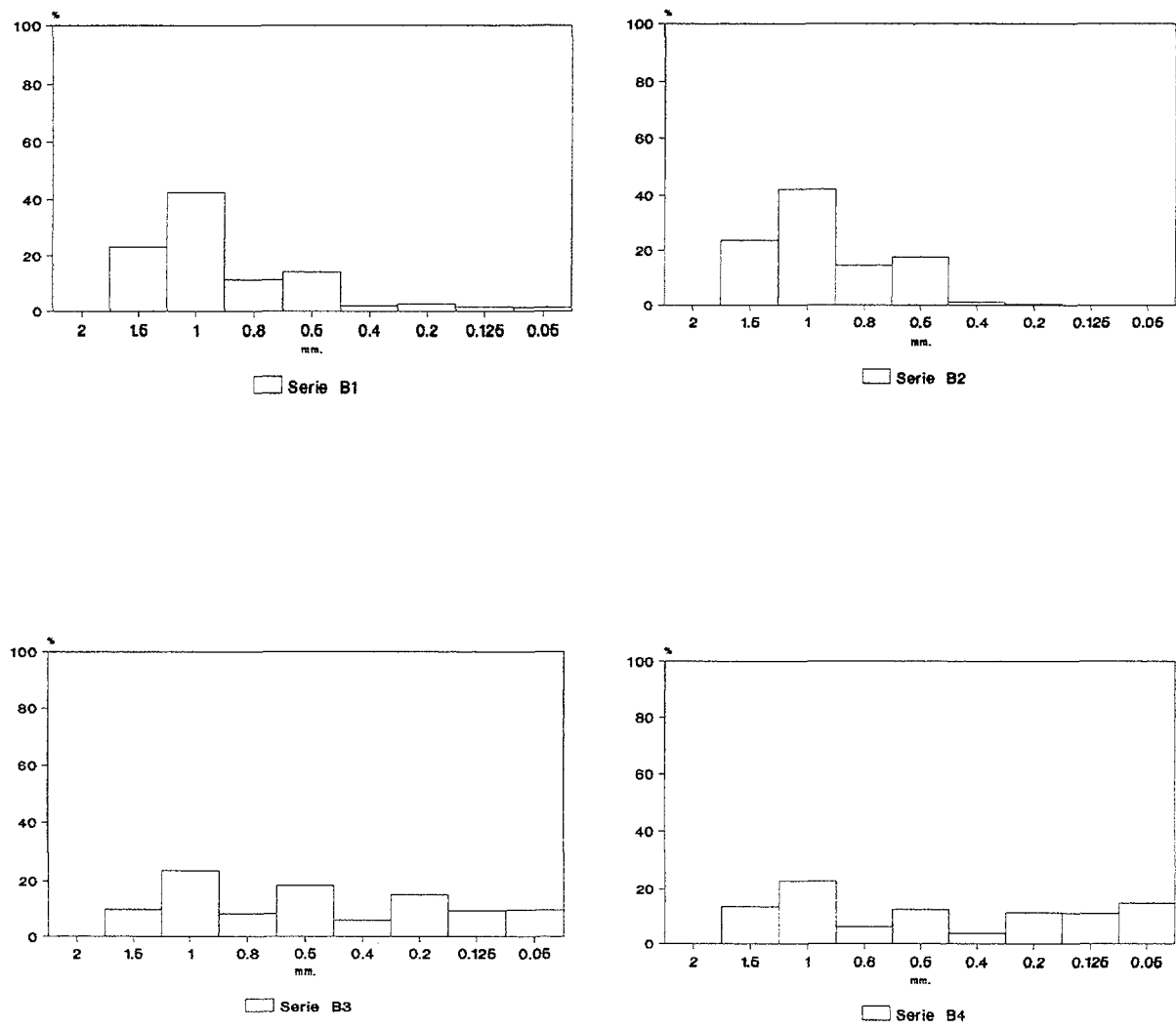


Fig.127. Distribución granulométrica de la fracción fina del perfil de Boltaña





**Fig.128.Histogramas granulométricos de la fracción
fina del perfil de Boltaña (1-4)**

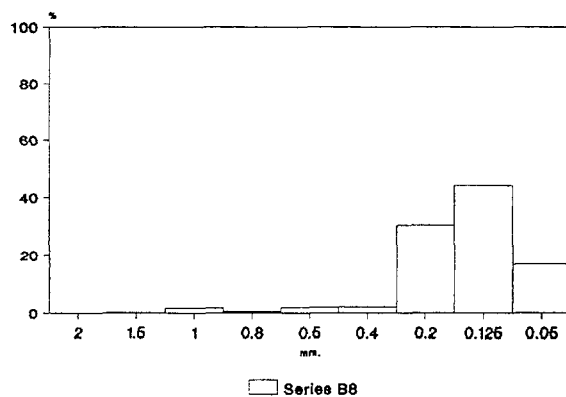
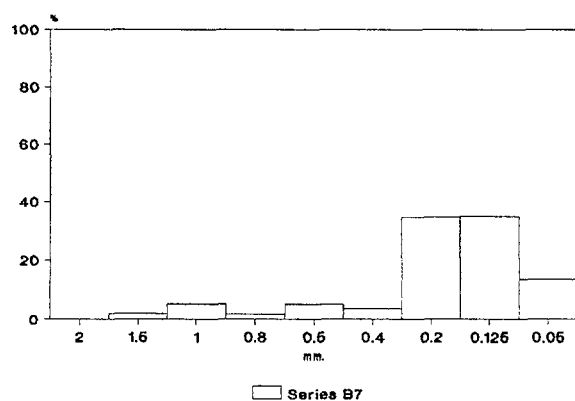
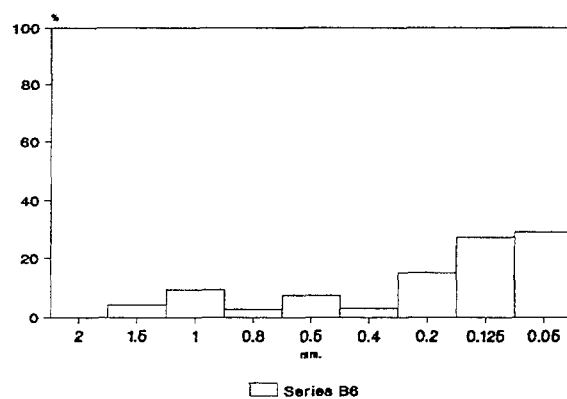
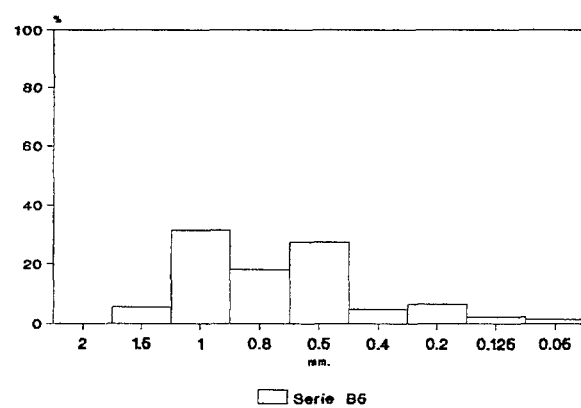


Fig.129. Histogramas granulométricos de la fracción
fina del perfil de Boltaña (5-8)

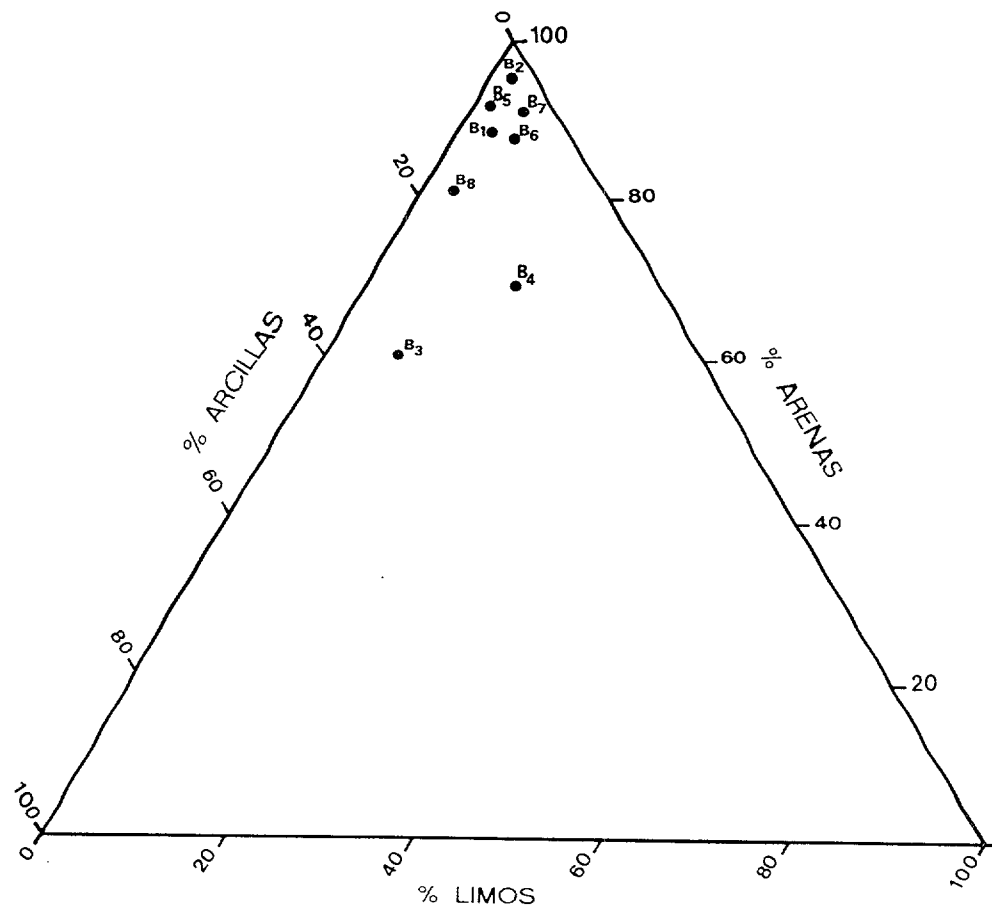


FIGURA 130 . DIAGRAMA TRIANGULAR DEL PERFIL DE BOLTANA

Muestra	Textura %			Parametros de la Fase Arenosa					
	Arenas Finas	Arenas Medias	Arenas Gruesas	Q50 (1)	Mz (1)	OI (2)	So (2)	SK (2)	Kg (2)
B7	47,46	43,23	9,27	210	235	1,08	1,34	-0,16	1,35
B5	4,41	40,76	54,8	850	815	0,81	1,8	0,26	1,13
B4	26,97	28,98	43,82	623	480	1,55	2,94	0,35	0,7
B6	56,83	25,77	17,35	178	230	156	1,79	0,33	0,86
B8	61,36	36,55	3,07	180	184	0,83	1,23	-0,15	1,27
B2	0,23	19,04	80,69	116	110	0,53	0,6	0,25	0,92
B1	4,47	19,15	77,35	115	105	0,76	0,7	0,45	1,51
B3	18,73	39,11	42,12	630	525	1,4	2,99	0,34	0,99

Tabla 61 . ANALISIS SEDIMENTOLOGICO DE LA FRACCION FINA DEL PERFIL DE BOLTANA

(1) Unidades expresadas en micras.

(2) Unidades expresadas en phi.

Por el contrario es muy significativa la bajísima proporción de material limoso (media = 5%) siendo la Barra actual la que presenta menor porcentaje (1%).

La fracción arcillosa está algo mejor representada (media = 11%) aunque tiene porcentajes muy dispares que van desde un 3% (muestra B7 Glacis) hasta un 31% (muestra B3 T +65-72 m SR).

El diagrama triangular (Fig.130) demuestra el alto contenido en arena y baja representación de la fracción limosa de los depósitos, situándose en el vértice superior del triángulo. Únicamente dos muestra (B3 y B4) se centran más indicando un mayor reparto en la clasificación de las tres fracciones.

7.3. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS Y MINERALOGICAS

Todas las muestras de esta secuencia presentan valores alcalinos de pH, con términos entre 8.5 y 9.6 $8,9\% \pm 0,4$. Por su parte, la presencia de carbonatos obtenidos por calcimetría es también uniforme, sólo superada ampliamente en B2 (barra actual) con 62,2% y no llegando obtenerse en B4 (T55-60m) y B3 (T65-72m) con un 0,8 y un 20,2% respectivamente (Tabla 63).

La conductimetría $123,7 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 33,1$ siendo los valores mínimos B2 y B7 (Glacis) y máximos en la llanura de inundación (B8).

MUESTRAS	pH	Cond. Calci.	
		$\mu\text{S}/\text{cm}$	%
B7 Glacis +75 M.D.	9,2	80,2	56,0
B5 T(55-60m) M.D.	8,7	144,8	45,1
B4 T(55-60m) S.R.	8,5	121,5	0,8
B6 T(8-10m) M.D.	8,6	151,9	49,6
B8 Llan. Inundación	8,8	167,4	54,7
B2 Barra Actual	9,6	76,7	62,2
B1 T(65-72m) M.I.	9,1	109,5	51,9
B3 T(65-72m) S.R.	8,6	137,9	20,2
Desviación Estandar	0,4	33,1	21,0
Media Aritmética	8,9	123,7	42,5
Coefficiente Variación	0,04	0,26	0,49

Tabla 63 . Propiedades físico-químicas.

Los porcentajes de fracción ligera/fracción pesada se mantienen de modo más o menos similar tal y como acontece en otros perfiles: La fracción ligera (Tabla 64) es siempre predominante oscilando entre un 64% y 86%, mientras que la pesada apenas logra sobrepasar el umbral del 30% (34%-14%). La relación no fluctúa con la edad de la unidad sedimentaria ya que si bien el Glacis +75 m. (B7) es el que ofrece la máxima cantidad de minerales pesados (36%), una terraza, cronológicamente próxima, T +65-72 m. (B1) es la que tiene menor representación de minerales pesados; idéntico comentario se desprende si observamos los niveles más recientes: la muestra B2 (barra actual) contiene un 33% de minerales pesados, mientras que B8 (llanura de inundación) sólo presenta un 20% de los mismos. Ello, vuelve a sugerir que además de las posibles alteraciones que hayan podido sufrir los distintos minerales a través del tiempo hay que tener más en cuenta, el papel efectuado por el transporte y procedencia de los distintos contenidos mineralógicos.

	Fr. Pesada	Fr. Ligera
B7 Glacis +75m M.D.	36%	64%
B1 T(65-72m) M.I.	15%	86%
B5 T(55-60m) M.D.	23%	77%
B6 T(8-10m) M.D.	31%	69%
B8 Llan. Inundación	20%	80%
B2 Barra Actual	33%	67%
B3 T(65-72m) S.R.	14%	86%
B4 T(55-60m) S.R.	22%	77%

Tabla 64.Porcentajes de fracción pesada y ligera del perfil de Boltaña.

En cuanto a la fracción ligera, los elementos carbonáticos son los principales constituyentes en todos los niveles estando comprendidos entre un 40% y 74%.

A continuación aparecen los cuarzos entre 15% y 38%, y finalmente en proporciones no muy diferentes los feldespatos (15%-2%) y moscovita (14%-4%). Es de hacer notar que el contenido de feldespatos y moscovita es muy reducido en los aluviones actuales de las barras y nulo en la llanura de inundación.

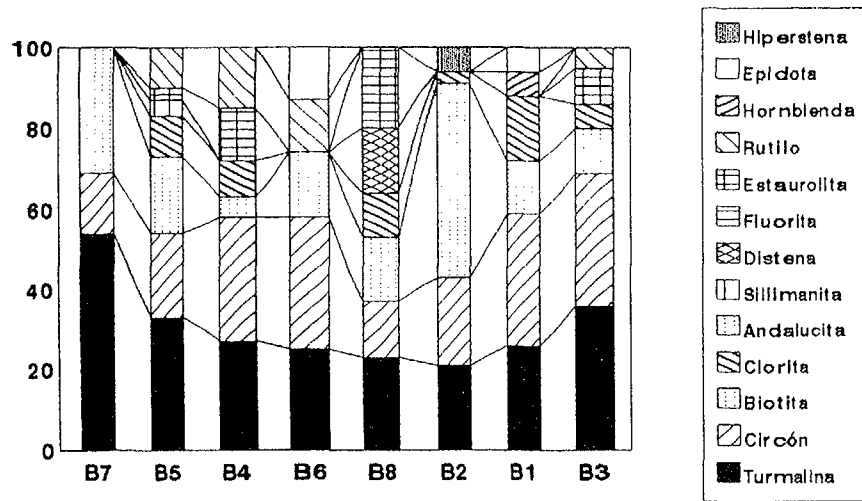
En lo que respecta a los suelos rojos visibles en las terrazas más altas de este perfil (B3 y B4) hay que señalar una disminución de carbonatos por lavado y disolución, lo que determina que en uno de ellos, el cuarzo sea el principal mineral ligero.

Respecto a la fracción pesada señalar que la asociación de minerales está integrada por once tipos, siendo los mayoritarios los más resistentes a los procesos de alteración (turmalina, circón y rutilo); Es de hacer notar que el porcentaje de su asociación se incrementa cuanto más antiguo sea el nivel morfológico al que pertenezcan, hecho que también podría asimilarse a un nivel relativamente bajo (B6) (Fig.131 y 132); por el contrario, los aluviones actuales son los que presentan menor cantidad de minerales resistentes lo que sugiere una mínima alteración de todos sus componentes mineralógicos.

	TUR	CIR	RUT	BIO	CLO	EST	EPI	HIP	HOR	SIL	ANA	FLU	DIS	BRO	AND	Fracción pesada				Fracción ligera			
B7	54	15	--	31	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	21	15	4	60				
B5	33	21	10	19	10	3	--	--	--	4	--	--	--	--	--	15	7	14	64				
B4	27	31	15	5	9	13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	42	12	14	32				
B6	25	33	13	16	--	--	13	--	--	--	--	--	--	--	--	17	3	9	71				
B8	23	14	--	16	11	20	--	--	--	--	--	--	16	--	--	32	--	--	68				
B2	21	22	--	48	3	--	--	6	--	--	--	--	--	--	--	20	2	4	74				
B1	26	33	--	13	16	--	6	--	6	--	--	--	--	--	--	38	13	9	40				
B3	36	33	5	11	6	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	21	27	12	40				
D.E.	10	8		13												10			15				
M.A.	31	25		20												26			56				
C.V.	0,32	0,32		0,65												0,38			0,28				

Tabla 65 : Mineralogía de fracción pesada y ligera, expresada en %.

FRACCION PESADA



FRACCION LIGERA

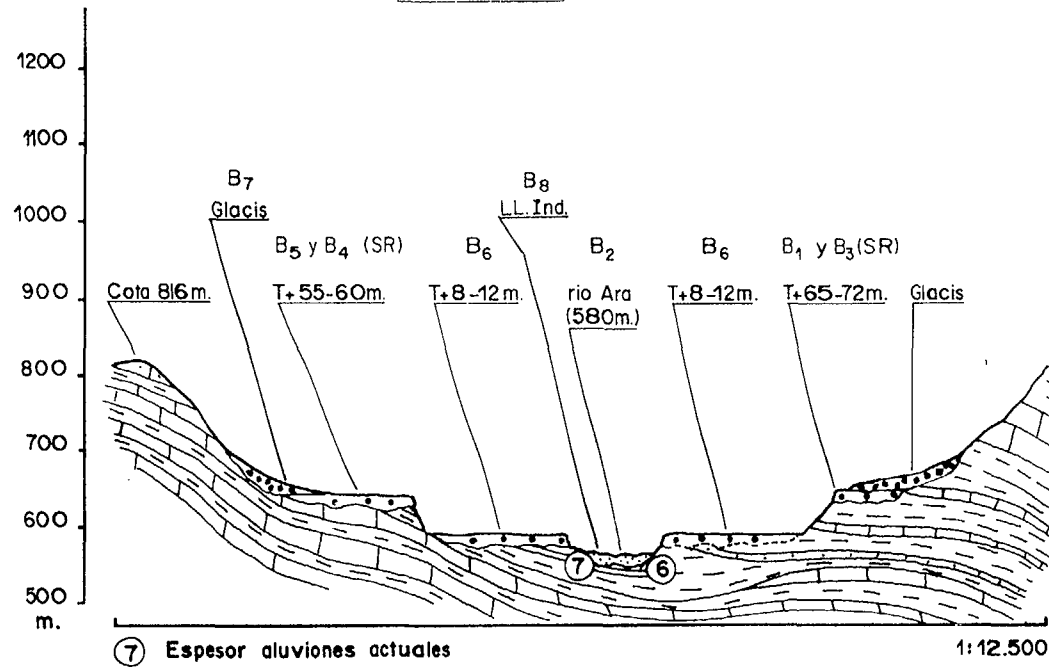
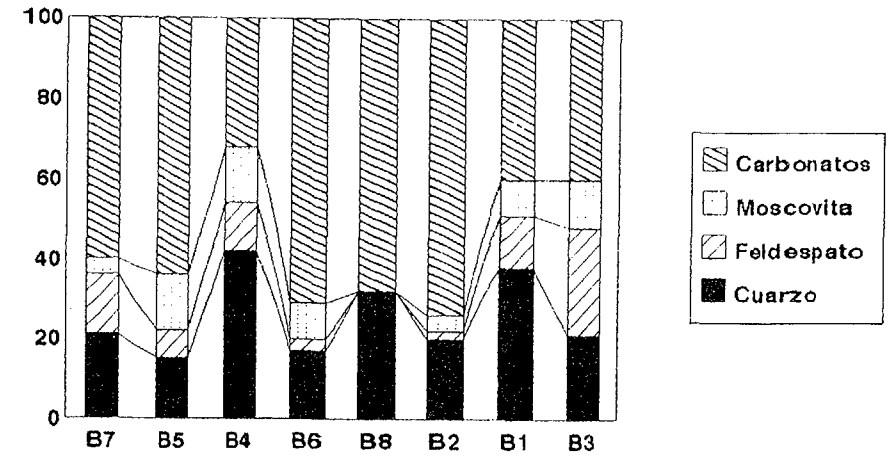


FIG. 132. PERFIL DE BOLTAÑA

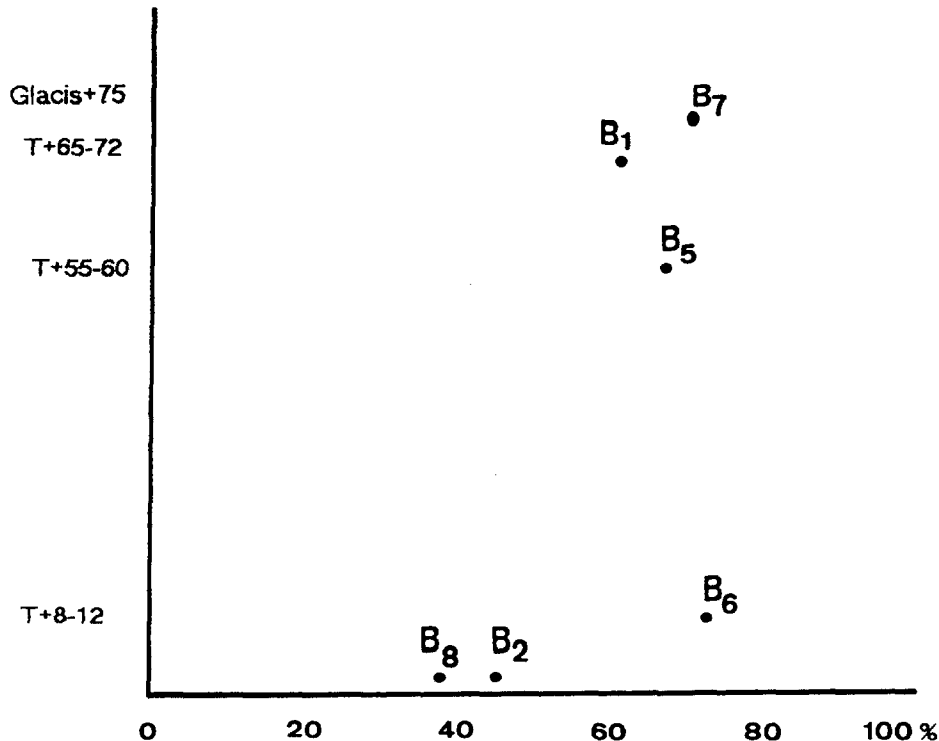
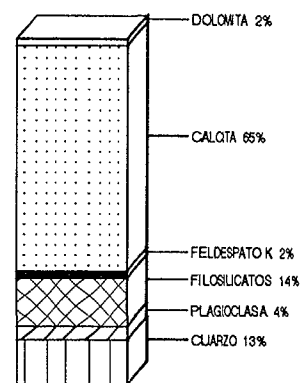


Fig.131. Evolución de los porcentajes de turmalina + circón + rutilo en función de la edad de los depósitos.

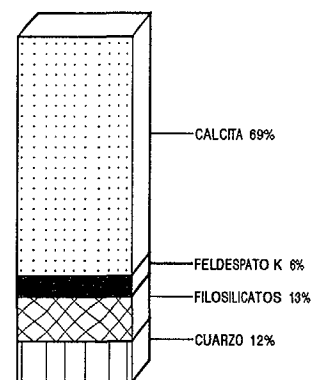
La mineralogía de la muestra total manifiesta prioridad de la concentración de carbonatos $55 \pm 23\%$ frente a los silicatos $21 \pm 16\%$ exceptuando B3 y B4 con mayor contenido de sílice. La toma B8 destaca por la ausencia de feldespato y la barra actual (B2). Mientras que las muestras de la margen izquierda y derecha respectivamente B1 (T+65-72 m.) y B6 (T+8-10 m.) destacan por la presencia de anfíbol. Merece especial mención las muestras B4 con una alta concentración de cuarzo, que coincide con una mínima cantidad de carbonato (obtenido por calcimentría) y la única muestra de Boltaña que presenta hematites; todo ello coincidiendo con una naturaleza del grano más fino.

Las muestras B3 y B4 que son de grano fino (poco arenosas) y en las que la fracción arcilla se ha incrementado, son las más ricas en filosilicatos con un $25 - 23\%$ de concentración, tomando el conjunto del perfil el valor $13 \pm 8\%$ (Tabla 66 y Fig.133).

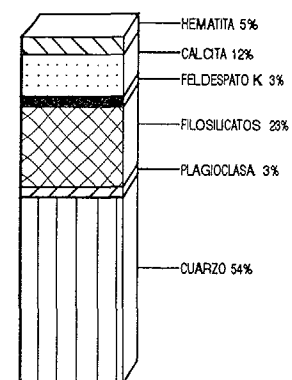
La naturaleza de las arcillas, estudiadas por difracción de Rayos X, presenta variaciones con respecto a la secuencia A; en este caso la trilogía caolinita-ilita-esmectita, se rompe, desapareciéndose en algunos casos la caolinita e irrumpiendo en la concentración bien clorita, bien sepiolita, o ambas.



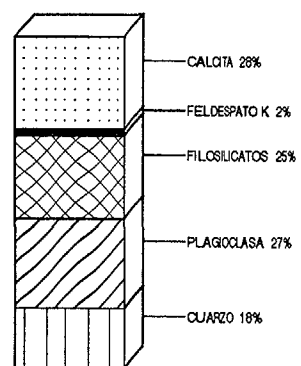
MUESTRA TOTAL B6



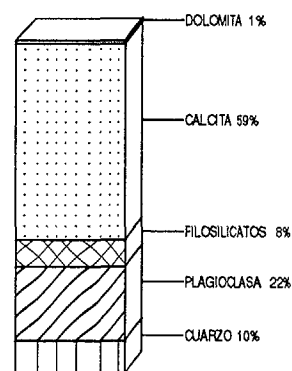
MUESTRA TOTAL B5



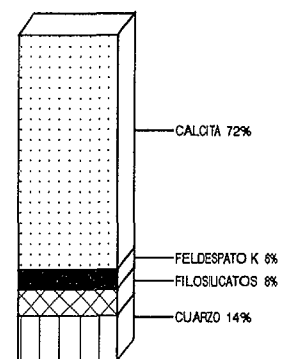
MUESTRA TOTAL B4



MUESTRA TOTAL B3



MUESTRA TOTAL B7



MUESTRA TOTAL B1

FIGURA 133 .HISTOGRAMA MINERALOGICO DEL PERFIL DE BOLTAÑA.

No hay caolinita en B1, B3, B4, y B6. Se mantiene en todas las muestras el predominio de illita $75 \pm 15\%$ que está muy bien cristalizada en B1, B2, y no aparece clorita en B6 y B8; se reconoce sepiolita en B4, B6, y B8. En todas las muestras, excepto en B1, aparece esmectita, al igual que interestratificados illita-esmectita. Cuando se reconoce esmectita, sus índices de BISCAVE son bajos $9 \pm 7\%$ lo que indica poca cristalinidad.

MUESTRAS	Carb.	Q	FK	F. CaNa	Anfib.	Hemat.	Filo.	K	Il	S	C	Se
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
B7 Glacis M.D.	60	10	-	22	-	-	8	11	82	3	4	0
B5 T(55-60m) M.D.	69	12	6	-	-	-	13	7	89	1	3	0
B4 T(55-60m) S.R.	12	54	3	3	-	5	23	-	44	14	4	38
B6 T(8-10m) M.D.	67	13	2	4	0,5	-	14	-	70	14	-	16
B8 Llan. Inundación	57	36	-	-	-	-	6	2	76	18	-	4
B2 Barra Actual	77	10	1	6	0,5	-	6	15	72	4	9	0
B1 T(65-72m) M.I.	72	14	6	-	0,5	-	8	-	94	-	6	0
B3 T(65-72m) S.R.	28	18	2	27	0	-	25	-	70	15	5	0
Desviación Estandar	23	16	2	11	0,2	1,7	8	6	15	7	3	14
Media Aritmética	55	21	3	8	0,2	0,7	13	4	75	9	4	7
Coefficiente Variación	0,42	0,76	0,96	1,36	0,91	2,47	0,58	1,34	0,20	0,84	0,76	1,87

Tabla 66. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas con sus parámetros estadísticos.

En la composición química, de nuevo el Al_2O_3 es uniforme del $16,79 \pm 0,88\%$ (Tabla 67). El TiO_2 es de comportamiento monótono, exceptuando la B4 con una concentración algo más elevada $0,21\%$ frente al conjunto de muestras $0,13 \pm 0,03\%$. El K_2O en todas las muestras supera el 1% pero no llega al 2% excepto en B5 con $3,24\%$ y B7 de $12,14\%$, siendo el total $4,28 \pm 4,81\%$. El MgO es otro de los óxidos de concentración poco variable $0,44 \pm 0,19\%$ aunque en B4 toma un valor anormalmente bajo $0,07\%$, que además, coincide con el bajo CaO ($0,65\%$) y el alto Na_2O ($13,15\%$) por supuesto con el valor ínfimo del contenido en carbonatos por calcimetría.

Mayor variabilidad presenta el Na_2O superando en todas las tomas el 11% , excepto en la B7 que alcanza el valor de $5,67\%$; una elevada concentración se da en B5 (T55-60) con $19,76\%$. Siendo el conjunto de muestras $12,73 \pm 4,09\%$. El CaO es de concentración bastante uniforme con una media de $8,02 \pm 3,11\%$ excepto en el B3

(6,83%) y B4 (0,65%), muestras que coinciden con la baja concentración de carbonatos en la calcimetría, así como en la concentración mineralógica en muestra total.

MUESTRAS	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Ti O ₂ %	MnO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
B7 Glacis M.D.	2,42	9,49	0,37	5,67	12,14	0,09	0,07	16,49	53,26
B5 T(55-60m) M.D.	2,45	9,43	0,35	19,76	3,24	0,15	0,05	15,95	48,61
B4 T(55-60m) S.R.	3,85	0,65	0,07	13,15	1,89	0,21	0,16	16,32	63,70
B6 T(8-10m) M.D.	4,29	9,41	0,58	11,77	1,46	0,14	0,07	16,93	53,26
B8 Llan.Inundación	2,16	9,50	0,63	16,08	1,26	0,10	0,01	16,51	53,65
B2 Barra Actual	2,96	9,49	0,67	13,23	1,21	0,11	0,17	16,46	55,70
B1 T(65-72m) M.I.	6,14	9,38	0,44	10,99	1,21	0,11	0,07	16,83	54,83
B3 T(65-72m) S.R.	5,04	6,83	0,47	11,20	11,88	0,15	0,07	16,30	58,06
Desviación Estandar	1,42	3,11	0,19	4,09	4,81	0,03	0,05	0,30	4,37
Media Aritmética	3,66	8,02	0,44	12,73	4,28	0,13	0,08	16,47	55,13
Coefficiente Variación	0,38	0,38	0,43	0,32	1,13	0,23	0,62	0,01	0,07

Tabla 67. Composición química de elementos mayoritarios y sus parámetros estadísticos.

Por último, los oxidos de hierro superan el 2% y se elevan casi triplicando este valor en B1 y B3. No obstante, la mayor concentración de oxidos de hierro cristalinos se da en las muestras B4 y B5, siendo en todos los casos estos cristalinos superiores a los oxidos amorfos. Es significativo la alta dispersión que existe entre las muestra de hierro cristalino $72 \pm 55\%$. En el contenido de óxidos de manganeso el valor más altos viene representado por B8 con una concentración de 0,64% (Tabla 68).

El perfil de Boltaña vuelve a mostrar valores similares en el contenido de hierro total con respecto a otros parajes de la cuenca. Los contenidos más bajos (2% -·3%) (Fig.134) se registran en los aluviones actuales de la llanura de inundación (B8) y en la barra actual (B2). En este intervalo se sitúa, también y de modo extraño, la T +55-60 m. de la margen derecha (B5) con una cantidad de hierro total de 2,45%. Estos valores se incrementan en la T +8-12 m. (B6) donde se alcanza 4,29% y de modo mucho más sensible en la T +65-72m. (B1) con un 6,14%; por el contrario, el suelo rojo que la fosiliza, ofrece una

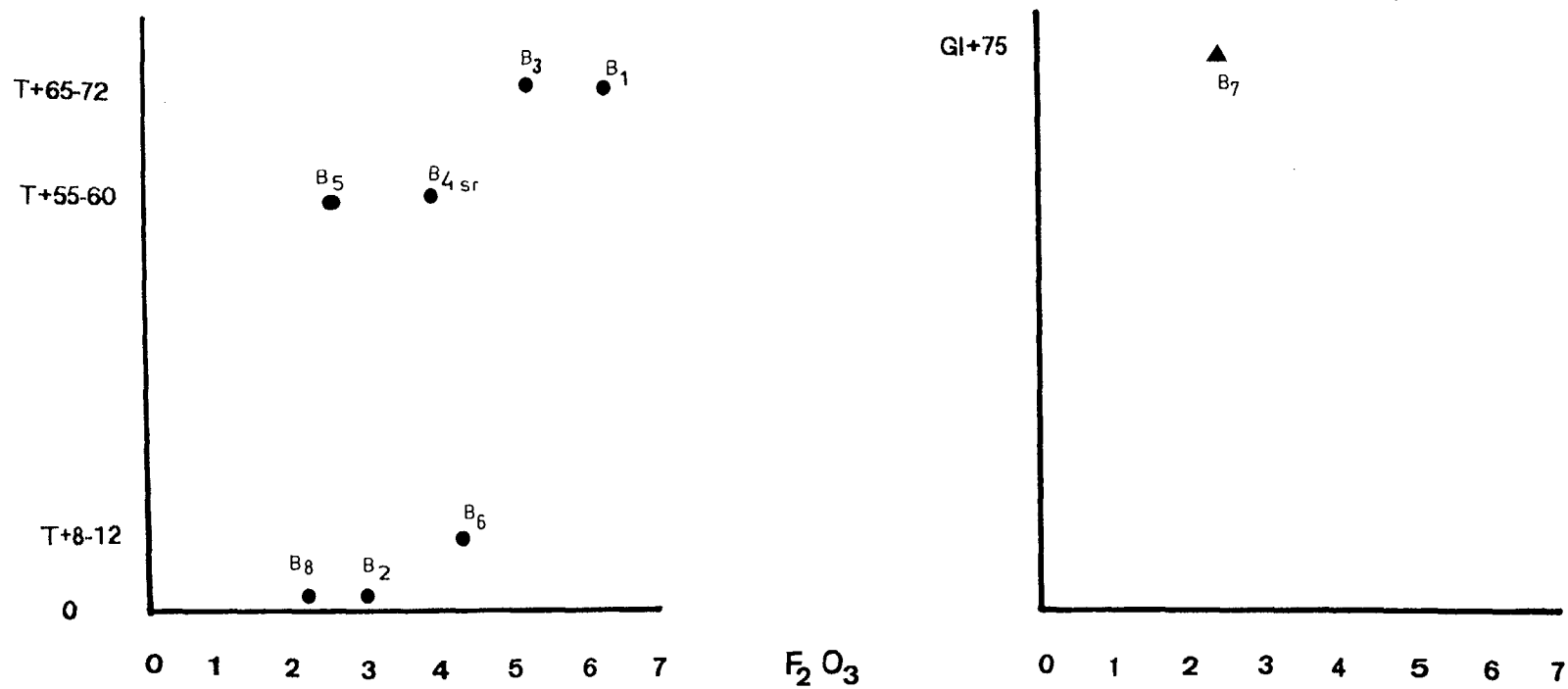


FIG. 134. VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HIERRO TOTAL EN FUNCIÓN DE LA ANTIGÜEDAD DE LAS TERRAZAS Y LOS GLACIS.

pequeña disminución (5,04%). El glacis que se apoya sobre esta terraza ofrece, sin embargo, un porcentaje muy bajo de hierro total (2,42%).

MUESTRAS	Fe am.	Mn am.	Fe cr.	Mn cr.
	0,01%	0,01%	0,1%	0,1%
B7 Glacis +75 M.D.	6	0,00	70	0,00
B5 T(55-60m) M.D.	11	0,00	117	0,00
B4 T(55-60m) S.R.	20	0,00	181	0,00
B6 T(8-10m) M.D.	11	0,00	74	0,00
B8 Llan.Inundación	6	0,64	5	0,39
B2 Barra Actual	3	0,00	34	0,25
B1 T(65-72m) M.I.	6	0,00	53	0,00
B3 T(65-72m) S.R.	9	0,25	43	0,50
Desviación Estandar	5	0,23	55	0,20
Media Aritmética	9	0,11	72	0,14
Coefficiente Variación	0,58	2,09	0,76	1,42

Tabla 68. Composición de hierro y manganeso amorfo y cristalino

En los elementos minoritarios sólo el B8 tiene plomo, 10 ppm, tiene además cromo, 8 ppm y la más alta concentración de circonio, 14 ppm. Todas las demás tienen cobre, destacando los 23 ppm de B3 y la máxima variación se da en cinc 161 ± 19 ppm, aunque con valores en un estrecho rango de 134 a 165 ppm, excepto B5 que se aproxima a los 200 ppm.

MUESTRAS	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	Zr
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
B7 Glacis M.D.	<5	11	148	<1	<5	5,5
B5 T(55-60m) M.D.	<5	9	198	<1	<5	7,5
B4 T(55-60m) S.R.	<5	19	162	<1	<5	13,5
B6 T(8-10m) M.D.	<5	9	155	<1	<5	8
B8 Llan.Inundación	10	13	166	8	<5	14
B2 Barra Actual	<5	10	134	<1	<5	4,5
B1 T(65-72m) M.I.	<5	10	153	<1	<5	6
B3 T(65-72m) S.R.	<5	23	169	<1	<5	12,5
Desviación Estandar	2	5	19	2	0	3,8
Media Aritmética	5	13	161	2	5	9,0
Coefficiente Variación	0,37	0,4	0,12	1,32	0,00	0,43

Tabla 69. Composición química de oligoelementos y sus parámetros estadísticos.

8. PERFIL DE AINSA

8.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SEDIMENTOLÓGICAS.

En este perfil (Fig.136) se localizan el mayor número de niveles de aterrazamiento del río Ara. El valle se caracteriza por una asimetría muy pronunciada a favor de la vertiente derecha dado que en ella se asientan cuatro niveles de terraza y un cono, mientras que en la otra margen sólo aparecen dos niveles (T +4-6 m. y T +60-65 m.) que también se presentan en la margen derecha.

La terraza +55-65 m. se encuentra fosilizada en la margen derecha por un coluvión y se dispone escalonada con respecto a los niveles inferiores. El material detrítico adopta una disposición caótica y no está cementado. Su superficie también se extiende por la margen izquierda y es en ella donde el antiguo pueblo de Ainsa eligió su emplazamiento, aprovechando las ventajas defensivas que ofrece esta terraza colgada, en la confluencia de los ríos Ara y Cinca. El borde oriental está delimitado por una serie de pequeños relieves asociados a capas verticalizadas correspondientes al flanco septentrional del Anticlinal de Ainsa. El río discurre por una estructura anticlinal desventrada de dirección NNO-SSE. Esta terraza se apoya con contacto brusco sobre las margas y todo su material está muy rubefactado, y a diferencia de los materiales de la misma terraza +55-65 m. de la margen derecha, en la que los aluviones ofrecen una acentuada cementación.

Otro nivel, aunque ubicado en el valle del río Cinca, es el que corresponde a la terraza +30-40 m. caracterizado por una morfología muy plana. Los materiales también tienen una disposición caótica, siendo los granitos los más alterados. El espesor visible fluctúa entre 2 y 3 m. y al igual que la terraza +60-65 m. de la margen izquierda se apoya sobre substrato margoso.

La terraza +20-23 m. de la margen derecha se corresponden con un retazo de pequeñas dimensiones ubicado por debajo de la superficie

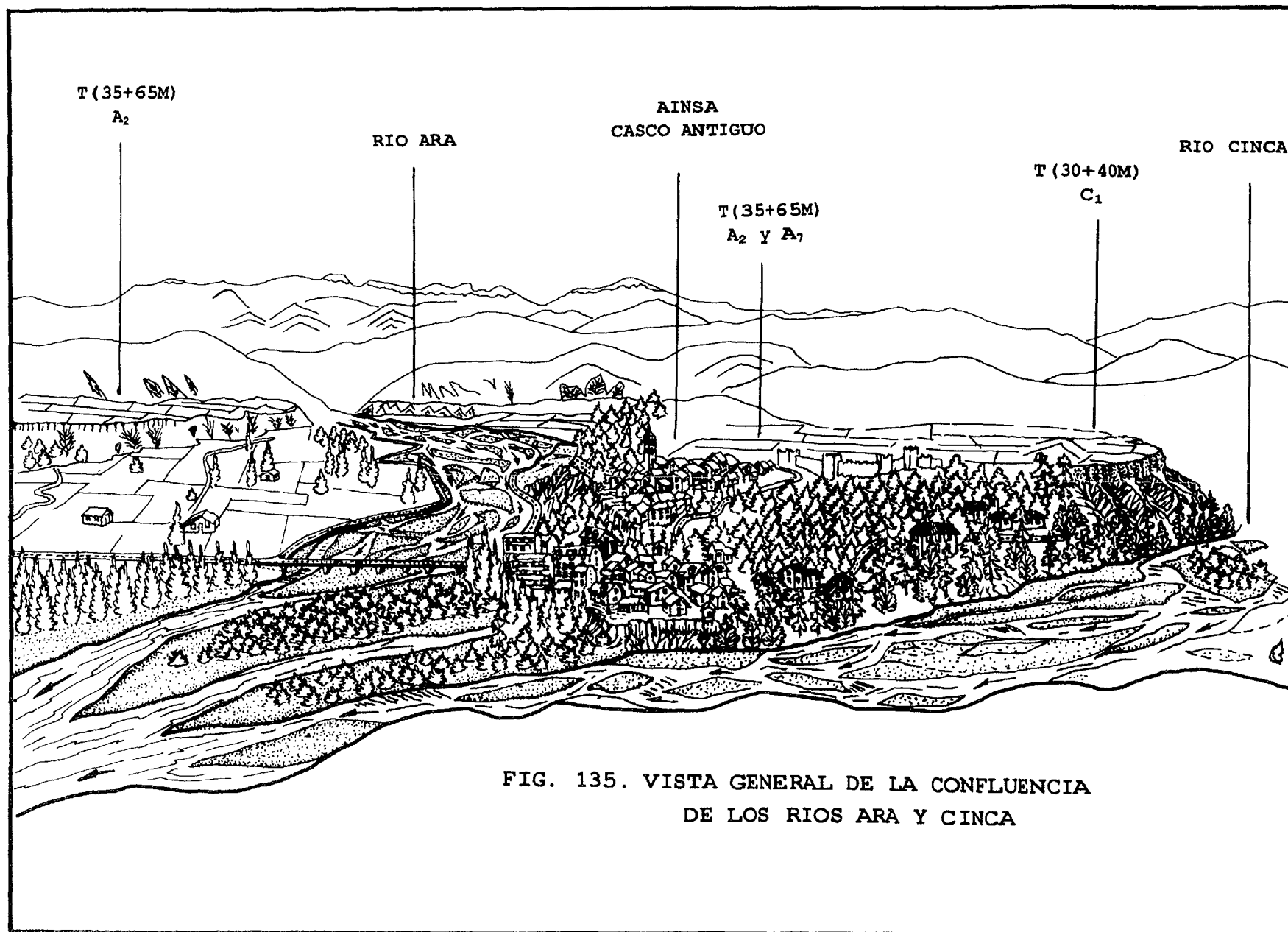


FIG. 135. VISTA GENERAL DE LA CONFLUENCIA
DE LOS RIOS ARA Y CINCA

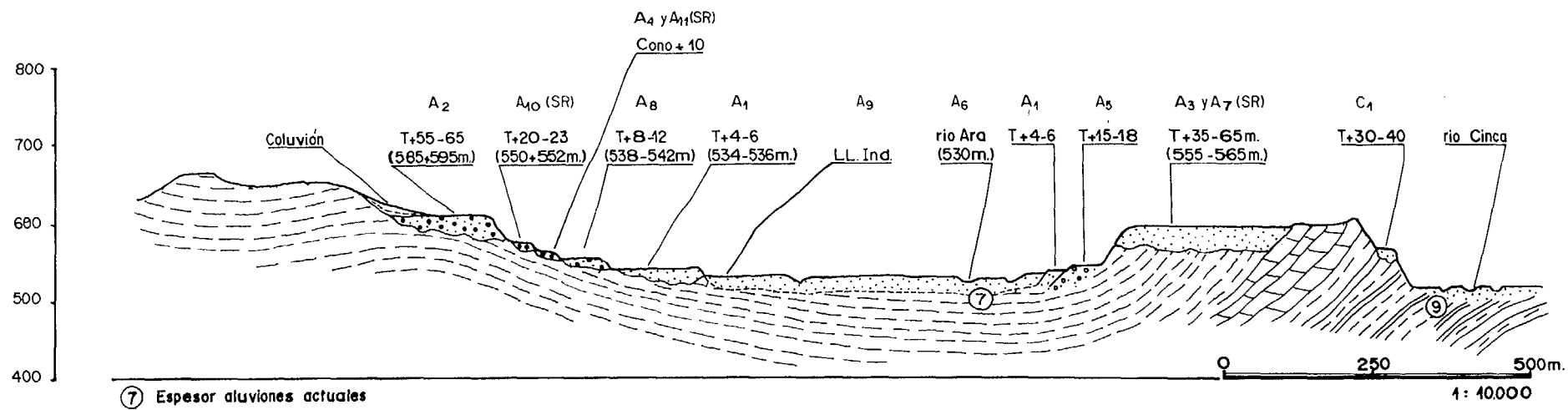


FIG. 136. VALLE DEL RIO ARA, PERFIL DE AINSA

dominante a la terraza +55-65 m. Sus aluviones y espesor apenas son visibles, aunque en su techo aparece un suelo rojo.

Dispuesta sólo en la margen izquierda se localiza la terraza +15-18 m. situándose sobre ella la parte nueva del casco urbano de Ainsa. Está formada por una acumulación bastante caótica, de cantos, gravas y algún bloque y donde las arenas tienen escasa consolidación.

De nuevo en la margen derecha, y con una disposición escalonada, aparece la terraza +8-12 m. Este nivel, al igual que el +20-23 m. de esta misma margen, no ha dejado testigos en la otra orilla; principalmente se caracteriza por el color rojizo de sus limos.

La terraza +4-6 m. aparece empotrada en las dos márgenes, estando mucho peor representada (como viene siendo habitual) en la margen izquierda. El espesor de la terraza es de unos 5 m. Por encima del substrato rocoso aparecen grandes bloque y cantos muy gruesos, incluso bloques de flysch arrancados del substrato. Los signos de edafización son escasos lo que evidencia una edad muy moderna de esta terraza.

Estudiando los aluviones actuales, los materiales más gruesos están sobre las barras, mientras que los elementos que se ubican en el canal tienen granulometrías más moderadas. En la llanura de inundación hay una gran abundancia de arcillas que llega a alcanzar 2 m. de espesor.

El fondo de valle de Ainsa se caracteriza por un notable aluvionamiento. El cauce llega a tener más de 500 metros de anchura, y su espesor alcanza los 7 m., según los datos facilitados por el M.O.P.T.. Junto a Broto es la zona donde mejor se desarrollan las barras existiendo una gran diversidad de formas y tamaño como se estudia en el capítulo correspondiente a la morfología y sedimentación actual.

8.1.1. LOS SEDIMENTOS ACTUALES

BARRA ACTUAL (Muestra A6)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 5/2
 ESTRUCTURA: débil
 CONSISTENCIA EN SECO: blanda.
 CUTANES: no se observan.
 CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: nulo.
 CONTENIDO EN RAICES: muy finas y escasas.
 POROSIDAD: poca.

El depósito que vamos a analizar a continuación corresponde a una barra central del río Ara. Los materiales más gruesos se disponen sobre la barra, mientras que las facies de canal tienen granulometrías mucho más moderadas.

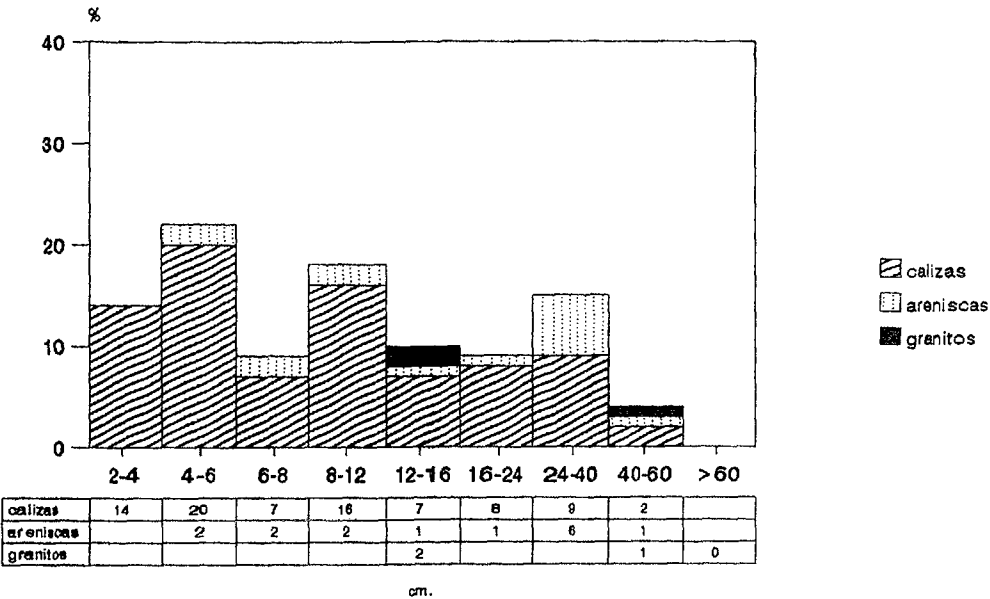
A finales de la primavera o en otoño, el aumento de volumen de agua del río puede dejar inundada esta barra central.

Litofacies y estructura sedimentaria; gravas masivas con cierta imbricación de los cantos. Facies Gm.

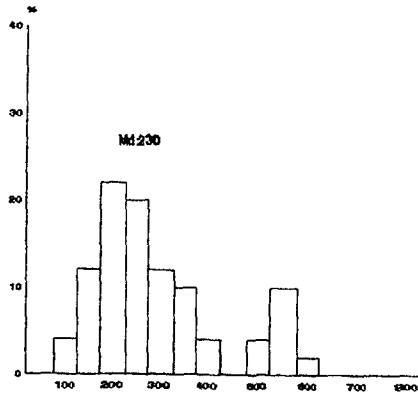
Análisis de la fracción gruesa

Este depósito presenta un histograma granulométrico polimodal (Fig.137) con un máximo principal situado en 4-6 cm y secundarios en 8-12 cm y 24-40 cm. Esta diversidad de familias indica distinta procedencia de los materiales. El histograma muestra una base muy ancha, estando bien caracterizados todos los grupos granulométricos incluido los bloques. Llama la atención sobre todo, la altísima representación de estos últimos que llega hasta un 19% e incluso determinan un máximo (en 24-40 cm.) como se ha apuntado anteriormente. De todo el perfil de Ainsa esta acumulación es la que destaca con un mayor número de bloques (con gran diferencia del resto de las muestras, a excepción de la T +4-6 m. que figura con un 14%. Este porcentaje tan significativo de bloques manifiesta las fuertes pulsaciones de corrientes siendo la causa generadora de este material.

A6 barra actual



Indice de Degaste
AINSA A6. BARRA ACTUAL



Indice de Aplanamiento
AINSA A6. BARRA ACTUAL

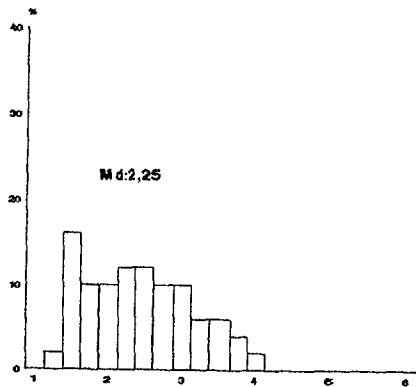


FIG. 13 7. RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS

Desde el punto de vista litológico, el material predominante es la caliza con un 82%, mientras que la arenisca únicamente representa el 15%. El porcentaje de granitos es de un 3% ofreciendo uno de los elementos, el tamaño de bloques mediano ya que se encuentra en el intervalo de 40-60 cm.

El histograma de desgaste presenta dos máximos (Fig.137), el primero y mucho más destacado, se sitúa entre 150-200, mientras que el segundo se localiza en los intervalos de mayor desgaste entre 500-600. Como demuestra los altos porcentajes de cantos por encima de 250 (54%) de los cuales un 12% son desgastes superiores a 500. Tan sólo un 4% de los cantos ofrecen un nulo desgaste (inferiores a 100) y posiblemente sean debidos a roturas por alta torrencialidad. La mediana es típica de una litología caliza (Md. Id = 230) en medio fluvial.

El histograma de aplanamiento (Fig.137) vuelve a corroborar lo expuesto anteriormente en el desgaste y en la granulometría. Existe un 18% de elementos con aplanamiento inferior a 1,5.

Análisis de la fracción fina

La distribución general de arenas, limos y arcillas (Fig.153) está representada fundamentalmente por la fracción arenosa, es decir la arena (81%), seguida por el material arcilloso (12%) y los limos mucho menos significativos (7%).

El histograma ofrece un forma trimodal (Fig.152) con modas en los tamices 0,2, 0,5 y 1 mm. respectivamente. El sedimento está bien representado en todas las fracciones menos en la arena gruesa que únicamente retiene el 10,16% de la muestra. Los materiales de calibre más fino aparecen agrupados por su alta afinidad textural, sobre todo en los tres últimos tamices.

La curva es hiperbólica del tipo sigmoidal tendida (Fig.150). La acumulación es semiforzada o semilibre sin predominio del lavado ni de la decantación. Existe un déficit de gruesos y un exceso de finos como también se observa en el histograma granulométrico. La talla media del sedimento (Tabla 72) es pequeña (282 μ), con clasificación

pobre ($SO = 1,59$) y curva simétrica con idéntica presencia de todos sus integrantes. La intensidad de flujo del agente de transporte no indica fluctuaciones. No se aprecian remociones post-deposicionales.

LLANURA DE INUNDACIÓN (Muestra A9)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 6/2

ESTRUCTURA: débil.

CONSISTENCIA EN SECO: blando.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: nulo.

CONTENIDO EN RAICES: finas y muy pocas.

POROSIDAD: muy poca.

Hay una gran abundancia de limos y arcillas de casi 2 m. de espesor. La vegetación rupícola coloniza gran parte de la llanura proporcionando mayor estabilidad a las orillas.

Litofacies y estructura sedimentaria. Limos y arcillas con laminación paralela. Facies Fl.

Análisis de la fracción fina

La distribución general de arenas, limos y arcillas, muestra una gran homogeneidad entre todas las fracciones, estando igual representadas las dos primeras (36%) mientras que la arcilla desciende a un 28% aunque como vemos, sin llegar a tener diferencias significativas. La figura 153 permite advertir esta semejanza en la distribución granulométrica situando al depósito prácticamente en el centro del diagrama triangular.

Esta acumulación presenta un histograma polimodal (Fig.152). Los materiales tomados y analizados en este subambiente fluvial son sumamente heterométricos y se encuentran muy mal clasificados. La fracción arena gruesa es la peor representada (25,05%) seguida de la arena fina que acumula un 31,58% del sedimento total. Es por tanto la fracción media la que acumula mayor porcentaje de sedimentos con un 43,34% del total de la muestra.

Por lo que respecta a la curva acumulativa, ésta refleja las mismas características que el histograma (Fig.150). Es de tipo parabólico aunque se asimila a un cierto trazado logarítmico presentando marcadas inflexiones producto de la mezcla de material. La talla media del sedimento (Tabla 72) es de 410 μ y su clasificación bastante mala ($SO = 2,89$) como corrobora el histograma de frecuencias. La simetría es positiva estando mejor clasificada la fracción fina que la gruesa. La kurtosis (0,75) sugiere una fluctuación en la velocidad del flujo hacia valores más bajos de lo normal depositándose en esos momentos los materiales más finos. Creemos que el sedimento obedece a dos momentos distintos: uno en el que se depositan las arenas gruesas y medias y otro en el que se sedimentan las arenas finas mezclándose las dos subpoblaciones.

8.1.2. LAS TERRAZAS Y ALUVIONES CUATERNARIOS.

TERRAZA +4-6 m. Margen Izquierda (Muestra A1)

Características generales de la muestra.

COLOR: 2.5Y /6.3

ESTRUCTURA: moderado tirando a fuerte.

CONSISTENCIA EN SECO: duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: muy pocos, menos de 5%

CONTENIDO EN RAICES: casi inexistentes y muy finas.

POROSIDAD: nula.

Esta terraza presenta un espesor de 5,5 m. El material tiene una disposición caótica con gran abundancia de cantos muy gruesos; incluso en ocasiones se observan bloques de flysch arrancados del sustrato. Existe poca matriz entre los cantos y los granitos que se encuentran, están muy alterados.

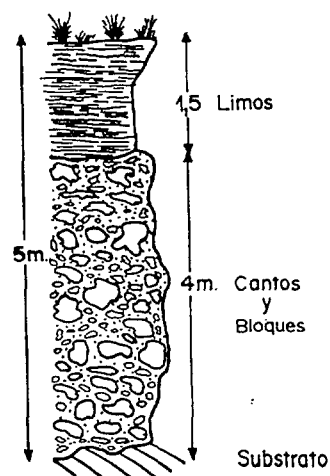
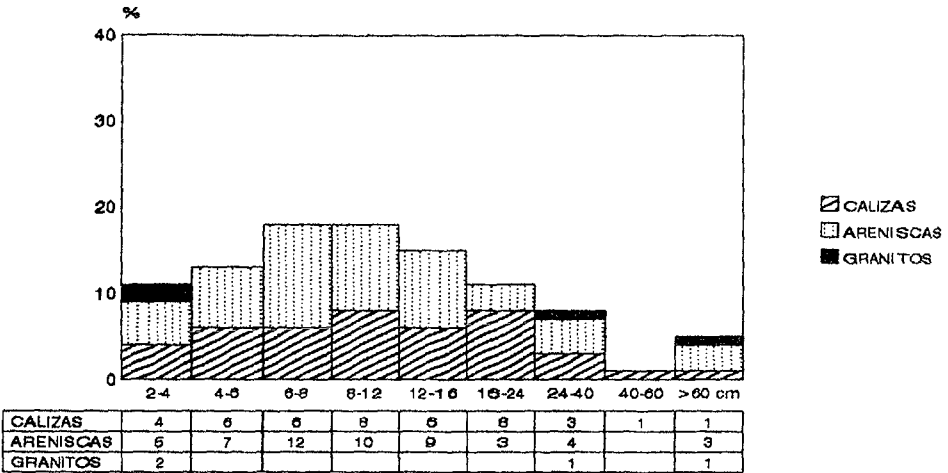
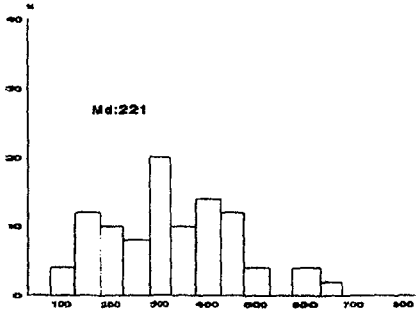


Fig. 138. Terraza +4-6 m.

A1 Terraza 4-6 m.



Indice de Desgaste
AINSA A1. TERRAZA 4-6m M.I.



Indice de Aplanamiento
AINSA A1. TERRAZA 4-6m M.I.

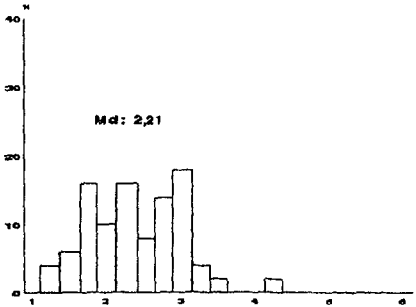


FIG. 139. RASGOS GRANULOMETRICOS, LITOLOGICOS Y MORFOLOGICOS.

Análisis de la fracción gruesa.

Granulométricamente el histograma de esta terraza vuelve a mostrar (al igual que en la barra actual) una serie de elementos poco clasificados (Fig.139), tratándose posiblemente de un arrastre asociado a una fuerte pulsación de corriente, dado que no existe apenas clasificación del material grueso. Todos los intervalos granulométricos tienen porcentajes muy semejantes en su representación. El porcentaje de cantos superiores a 24 cm, es decir de tamaño superior a bloques, es abundante, (14%), la mediana es de 110 cm. y el centilo casi alcanza el metro (95 cm.) en arenisca. Todo ello vuelve a señalar la eficacia transportadora del antiguo curso fluvial.

Desde el punto de vista litológico se podría decir que tanto areniscas como calizas ofrecen porcentajes parecidos 53% y 43% respectivamente. Los granitos están representados con un 4%, de los cuales la mitad alcanza el tamaño de bloques pequeños ya que sus ejes superan los 24 cm de longitud.

El histograma de desgaste presenta tres máximos (Fig.139): el principal situado entre 250-300 y los secundarios en los intervalos 350-400 y 100-150. Existe un elevadísimo número de cantos con desgaste superior a 250 (78%) de los que un 8% superan el umbral de 500. Tan sólo un 4% del material tiene desgastes inferiores a 100, lo cual fue identificado como el producto de la rotura de cantos debido a la violencia de la corriente.

Respecto al aplanamiento aparecen también tres máximos, con porcentajes similares entre ellos (Fig.139). Un 48% del material es aplanado (>2,5), mientras que un 10% tiene aplanamientos de 1,5.

Análisis de la fracción fina.

Los elementos finos que se incorporan a esta terraza ofrecen una dualidad en la distribución del material detrítico, ya que la suma del contenido arenoso (59%) y el del arcilloso (40%) conforman

prácticamente la totalidad de la muestra (99%). El material limoso por tanto, se manifiesta únicamente de modo indicativo (1%) (Fig.153).

El histograma representado en la figura 151 es polimodal, con modas situadas en los tamices 1 mm., 0,5 mm., 0,2 mm., y 0,05 mm. El porcentaje en todas las fracciones arenosas (gruesas, media y fina) están alrededor del 30% de sedimento. Únicamente aparece el tamiz 1.5 mm. vacío.

La curva es parabólica a groseramente logarítmica (Fig.150). La talla media del sedimento (Tabla 72) es de 450 μ . La clasificación es muy mala ($SO = 5,21$) y la simetría es positiva revelando una mayor presencia del material fino. La kurtosis (0,7) indica fluctuaciones de la velocidad del agente hacia valores más bajos de lo habituales. Podemos apuntar que esta terraza +4-6 m., ofrece un depósito típico de Vrac o montón.

TERRAZA +8-12 m. Margen Derecha (Muestra A8)

Características generales de la muestra.

COLOR: 2.5Y 6/3

ESTRUCTURA: sin estructura.

CONSISTENCIA EN SECO: suelto (sin coherencia).

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: abundantes (40%).

CONTENIDO EN RAICES: muy finas y muy escasas.

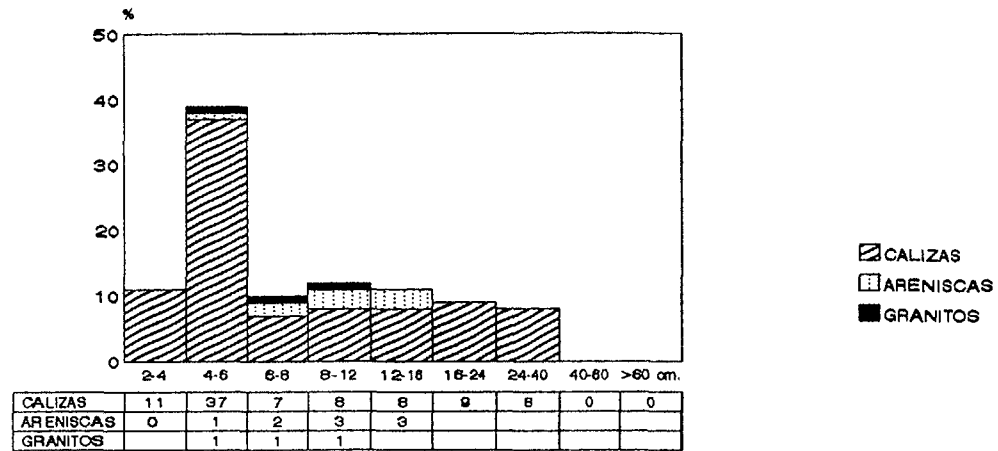
POROSIDAD: nula.

Litofacies y estructura sedimentaria. Gravas masivas con leve imbricación de los cantos. Facies Gm.

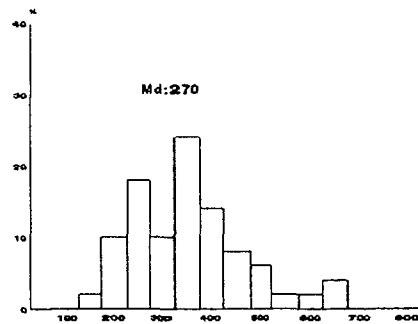
Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico (Fig.140) presenta una fuerte unimodalidad situada en el umbral 4-6 cm y representando un 39% de la muestra total. El resto de los intervalos granulométricos ofrecen unos porcentajes entorno al 10%.

A8 Terraza 8-12m.



Indice de Desgaste AINSA A8. TERRAZA 8-12m M.D.



Indice de Apilamiento AINSA A8. TERRAZA 8-12m M.D.

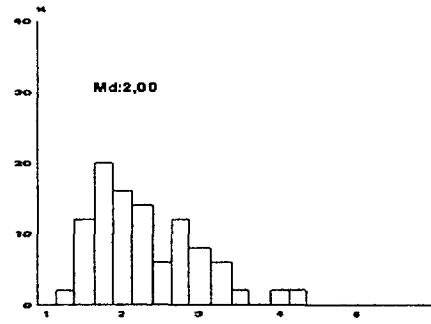


FIG.140. RASGOS GRANULOMETRICOS, LITOLOGICOS Y MORFOMETRICOS.

El número de bloques (superior a 24 cm.) ha descendido a un 8% respecto a la barra actual y a la terraza +4-6 m. El centilo es de 60 cm. en arenisca.

Respecto a la litología (Fig.140) destaca fundamentalmente su alto contenido en material calizo (88%), mientras que las areniscas están mínimamente representadas (9%). Los elementos caracterizados como aporte longitudinal (los granitos) suponen un 3% de la carga detrítica gruesa.

El histograma de desgaste (Fig.140) es bimodal con el máximo principal situado entre 350-400 y el secundario en 200-250. El desgaste que ofrecen los fragmentos calizos es el más alto de todo el perfil de Ainsa, superando un 78% del material el umbral de 250 (cantos desgastados) donde un 8% corresponde a desgastes superiores a 500 (cantos muy desgastados). No existen cantos con desgastes inferiores a 100 y la media es bastante alta situándose en 270

El histograma de aplanamiento (Fig.140) es prácticamente unimodal aunque presenta un pequeño máximo entre 250-275. El porcentaje de cantos con aplanamiento superior a 2,5 es de 36% y el de aplanamientos bajos (inferiores a 1,5) es del 14%.

Análisis de la fracción fina

Desde el punto de vista de la distribución general de arenas limos y arcillas (Fig.153) hemos de decir que el comportamiento de esta muestra es muy similar a todo el conjunto del perfil de Ainsa. Presenta un mayor porcentaje del material detrítico grueso, formado esencialmente por arenas (69%), mientras que los limos son muy escasos (5%). Las arcillas están bien representadas (26%).

El histograma (Fig.152) es trimodal con máximo en los tamices 1, 0,5 y 0,2 mm. La fracción de arena fina es la peor representada (2,83%) mientras que la arena gruesa es la que mayor porcentaje de sedimento acumula (68,55%) y en particular el tamiz de 1 mm retiene el 40,08% de la muestra total.

La curva es parabólica con predominio del lavado sobre la decantación y con sedimentación forzada (Fig.150). La talla media del

sedimento (Tabla 72) es muy alta (935μ) y la clasificación es buena como indica el índice de Trask ($SO = 1,18$). La simetría ($0,39$) es positiva lo que denota una mejor clasificación de la fracción fina. La kurtosis ($1,01$) indica que apenas hubo fluctuaciones en la velocidad del agente.

CONO +10-12 m. Margen Derecha (Muestra A4)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 6/3

ESTRUCTURA: moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: no se observan

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: muy pocos menos de 5%

CONTENIDO EN RAICES: comunes y finas.

POROSIDAD: poca.

La potencia visible de este cono es de 5 m., de los cuales 3 m. están compuestos de material grueso (principalmente calizas) y 3m de material fino (limo y arcilla).

Observando este depósito en el campo parece que hay dos conos superpuestos, uno antiguo, y otro moderno que se encaja por debajo del cono y la T + 55-60 m. El material del cono presenta algún granito alterado, sin duda alguna retomado de la T +55-60 m. ya que en la cabecera del valle del que parte este cono no existe este tipo de litología.

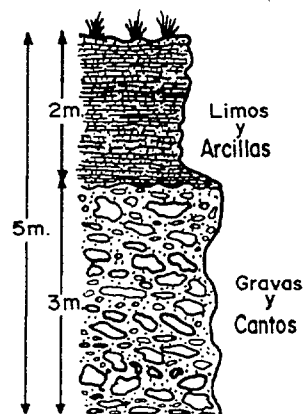
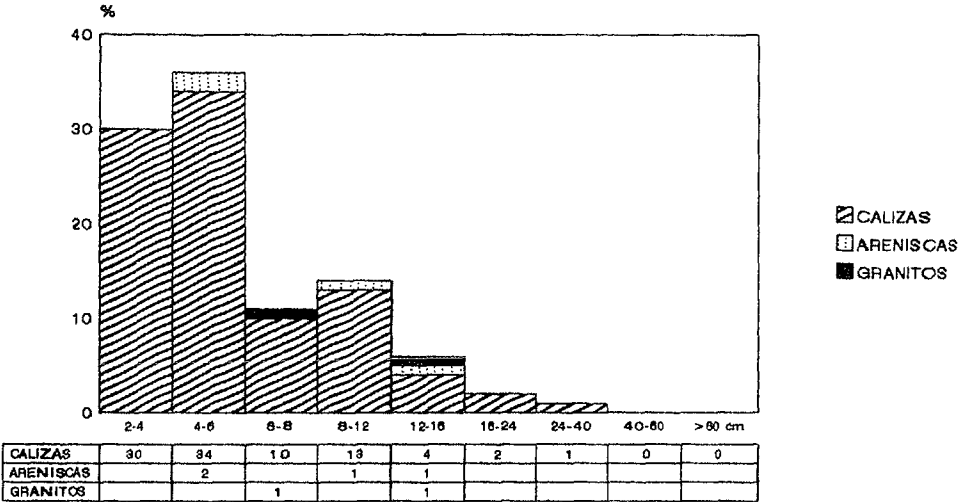


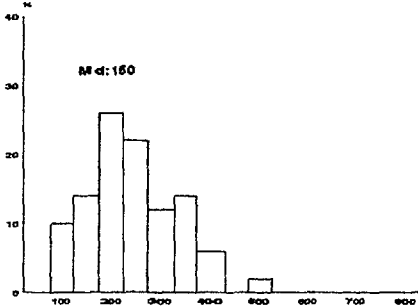
Fig. 141. Cono +10-12 m.

Litofacies y estructura sedimentaria: Gravass masivas con textura no grano sostenida. No presenta ninguna estructura sedimentaria. Facies Gms.

A4 Cono+10m.



Indice de Desecho
AINSA A4. CONO 10m M.D.



Indice de Aplazamiento
AINSA A1. TERRAZA 4-6m M.I.

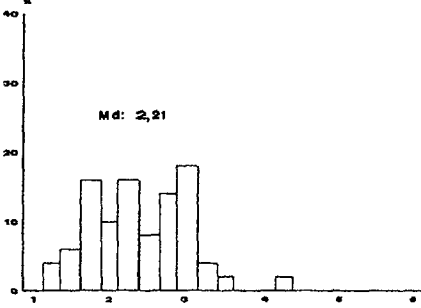


FIG.142.RASGOS GRANULOMETRICOS, LITOLOGICOS Y MORFOMETRICOS.

Análisis de la fracción gruesa

Otra vez más, en este perfil, el histograma granulométrico (Fig.142) presenta una fuerte unimodalidad en la fracción de cantos pequeños especialmente en el intervalo 4-6 cm; únicamente en los dos primeros intervalos del histograma se recoge un 66% de la muestra total. El resto se distribuye entre cantos medios y bloques pequeños aunque el porcentaje de estos últimos ha disminuido espectacularmente hasta un 1%. La mediana es de 6 cm. y el centilo reducido, 30 cm. en arenisca (típico de estas acumulaciones).

Desde el punto de vista litológico vuelve a dominar el material calizo con un 94% frente a un 4% de areniscas. Los granitos representan el 2% y han sido incorporados por la contaminación de los aportes al ser retomados aquellos de las terrazas altimétricas superiores al cono como son el caso de T +20-23 m y T +35-65 m.

El histograma de desgaste (Fig.142) es bimodal, con un máximo principal situado en el intervalo 150-200 y otro secundario entre 350-400. Ambas modas indican posiblemente dos tipos de procedencia dentro de este material; el primer máximo denunciaría la existencia de los aportes relativamente cercanos y el máximo secundario detectaría posiblemente los materiales de características longitudinales o bien retomados de los aluviones pertenecientes a la T +8-12 m. o de otras más antiguas. El porcentaje de cantos con desgaste superior a 250 es de 34% mientras que el desgaste nulo (inferior a 100) es de un 10%.

Respecto al aplanamiento (Fig.142), la mediana alcanza 2,16 y el porcentaje de elementos con aplanamiento superior a 2,5 es de un 60% mientras que los elementos poco aplanados (inferiores a 1,5) representan tan sólo un 4%.

Análisis de la fracción fina

En lo que respecta a la distribución de arenas, limos y arcillas (Fig.153) que se asocian a este cono hay que señalar que en

sus materiales existe un porcentaje alto de la fracción más gruesa: la arena con un 71%, mientras que los limos muy bien representados (19%) superan a las arcillas (10%), hecho que únicamente ocurre en dos ocasiones en este perfil: en las muestras A7 y A9 pertenecientes al suelo rojo de la T +60-65 y a la llanura de inundación respectivamente.

El histograma es polimodal con máximos en los tamices 1, 0,5 0,2 y sobre todo 0,05 mm (Fig.151), mostrando dos períodos deposicionales distintos; la granulometría más gruesa es depositada en momentos de alta energía mientras que las más finas indican disminución del caudal y de la velocidad del flujo. El porcentaje más alto de sedimento se corresponde con la fracción de arena fina y arena media, estando la arena gruesa peor representada (18,55% del total de la muestra). La heterometría del material es alta.

La curva es logarítmica, con mala clasificación como demuestra la representación gráfica (Fig.150), dibujándose más tendida a medida que disminuye la selección. La skewness es simétrica lo cual indica una idéntica clasificación de todos sus integrantes. La intensidad del flujo del agente de transporte señala fluctuaciones hacia valores más bajos de lo normal. Existe remoción post-deposicional con procesos diagenéticos que creemos han alterado las características iniciales del depósito (ver Tabla 72).

SUELO SOBRE CONO +10 m. Margen Derecha (Muestra A11)

Características generales de la muestra.

COLOR: 5YR 3/6

ESTRUCTURA: moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: escaso menos del 5%.

CONTENIDO EN RAICES: muy finas y muy escasas.

POROSIDAD: poca.

Análisis de la fracción fina.

En la distribución general de las arenas, limos y arcillas (como se representan en la Fig.153), el porcentaje de la fracción arenosa es el más alto (61%), manteniéndose una importante representación de los limos (13%) aunque descendiendo ambas fracciones a favor de las arcillas que aumentan hasta un 26% (un 16% más que en A4).

El histograma que presenta la figura 152 es trimodal con un máximo más relevante en el tamiz 1 mm. (27,83%) y dos secundarios en los tamices 0,5 mm. (17,43%) y 0,2 mm. (9,89%). La fracción mejor representada es la arena gruesa con un 50,1% del total del sedimento, mientras que la arena fina sólo retiene un 16,7%.

La curva es parabólica con marcadas inflexiones producto de la mezcla de materiales (Fig.150). La talla media del sedimento (Tabla 72) es elevada 800 μ y la clasificación bastante pobre ($SO = 2,18$). La skewness indica asimetría positiva. Parece que no han existido fluctuaciones en la velocidad del agente que transportó los materiales originarios aunque si lógicamente remociones post-deposicionales. La sedimentación de los primeros pudo ser forzada debido a una disminución brusca de la pendiente.

TERRAZA 15-18 m. Margen Izquierda (Muestra A5)

Características generales de la muestra.

COLOR: 7.5YR 5/4

ESTRUCTURA: moderada

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: casi inexistente.

CONTENIDO EN RAICES: nulo.

POROSIDAD: poca.

Este conjunto aluvial presenta espesor de unos 4 m. aproximadamente, no observándose en ningún momento el substrato rocoso. De nuevo a techo, en el primer metro y medio aparecen grandes bloques procedentes del flysch y coluviones con acumulación caótica. Apenas existe matriz arenosa y en los pocos lugares que aparece es de escasa consolidación.

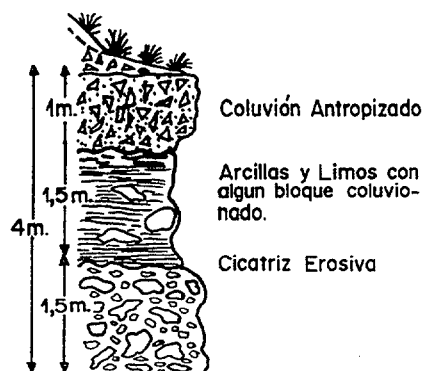


Fig. 143. Terraza +15-18 m.

A continuación y tras un contacto brusco y neto se advierte un fuerte cambio granulométrico. Aparecen arcillas y limos en ocasiones con grandes bloques aislados y coluvionados. El techo está compuesto por cantos muy aristados, tratándose de un coluvión muy antropizado cuyo espesor es aproximadamente de un metro.

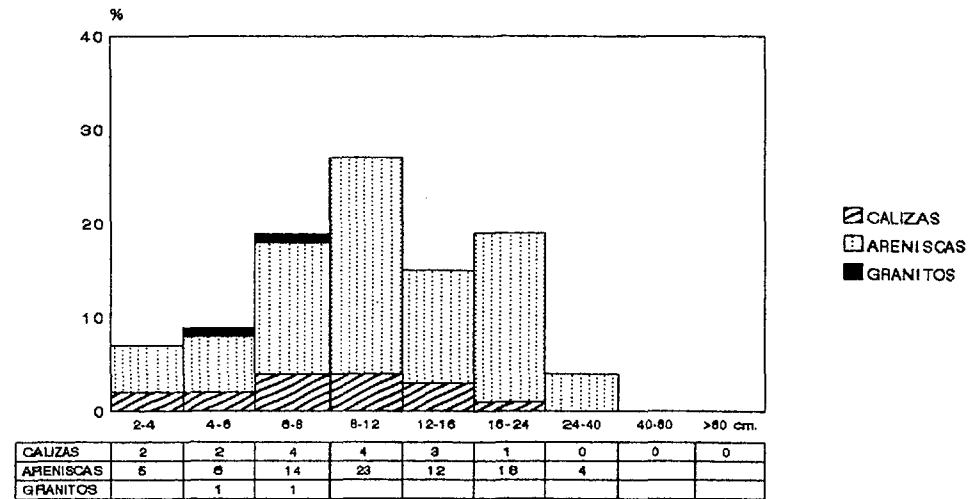
Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico es bimodal (Fig.144) con un máximo principal situado en el umbral 8-12 cm. y otro secundario en 16-24 cm. El porcentaje de bloques superior a 24 cm es de 4%; la mediana es de 11 cm. y el centilo de 50 cm. en arenisca.

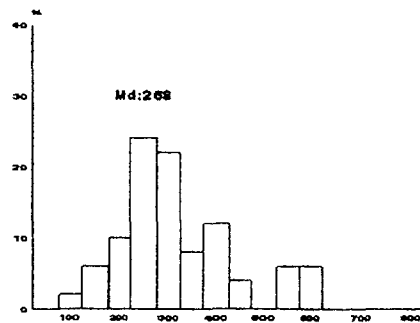
La litología es eminentemente areniscosa con un 70% mientras que el material calizo sólo representa un 26%. Los granitos ofrecen un 4% del total de la muestra.

El histograma de desgaste (Fig.144) señala una mediana alta (Md ID = 268) lo que indica elementos bien redondeados, un 70% presenta desgastes superiores a 250 de los cuales un 12% son superiores a 500; por el contrario tan sólo el 2% tienen desgastes inferiores a 100, asociados a roturas de cantos acontecidas durante el transporte de la carga gruesa o vinculadas al aporte lateral.

A5 terraza 15-18m



Indice de Desgaste
AINSA A5. TERRAZA 15-18m M.I.



Indice de Apilamiento
AINSA A5. TERRAZA 15-18m M.I.

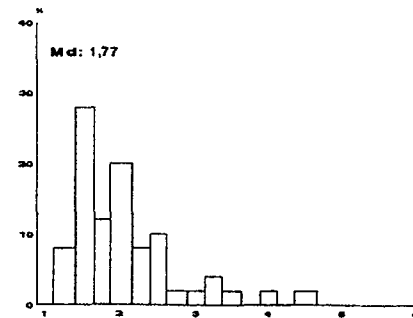


FIG. 144. RASGOS GRANULOMETRICOS, LITOLOGICOS Y MORFOLOGICOS.

Respecto al aplanamiento, el histograma presenta tres modas (Fig.144). La moda principal se sitúa entre el intervalo 1,25-1,50 y las dos secundarias entre 1,75-2,00 y 2,25-2,50 respectivamente. La mediana es algo baja y el número de cantos con bajo aplanamiento (inferior a 1,5) es del 36% superando el porcentaje de elementos con aplanamientos por encima de 2,5 ya que sólo representan un 24%.

Análisis de la fracción fina.

Respecto a la distribución del material detrítico de este aluvionamiento podemos decir que junto al que componen la terraza +35-65 m (A3) son las muestras que ofrecen un mayor porcentaje de arenas, estando representada en este caso por un 91%. Por el contrario las fracciones más finas, que acompañan a las arenas son minoritarias con tan sólo señalan un 4% de limos y un 5% de arcillas (Fig.153).

El histograma es trimodal (Fig.151), con un máximo en cada una de las fracciones (0,2, 0,5, y 1 mm.). El porcentaje de arenas finas y gruesas es parecido (23,4% y 21,95% respectivamente) siendo la fracción de arena media la más destacada (54,6% del total de la muestra).

La curva tiene un cierto aire parabólico con sedimentación forzada como se observa en la figura 150. Está mal clasificada ($SO = 2,28$) y los índices de talla media son poco sugerentes por las amplias variaciones texturales que experimenta el material (Tabla 72). La simetría positiva indica mejor clasificación de la fracción fina que en la fracción gruesa y la intensidad del agente de transporte indica fluctuaciones hacia valores más bajos de lo normal. Existe remoción post-deposicional y posiblemente ha habido proceso de alteración de cantos con liberación de sedimento arenoso.

SUELO SOBRE TERRAZA 20+23 m. Margen Derecha (Muestra A10)**Características generales de la muestra.**

COLOR: 5YR 5/6

ESTRUCTURA: moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: dura.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: pocos (2%).

CONTENIDO EN RAICES: pocas y muy finas.

POROSIDAD: nula.

Esta terraza corresponde a un retazo de pequeñas dimensiones ubicado únicamente en la margen derecha y apenas sin continuidad lateral. Sus aluviones y espesores apenas son visibles, aunque en su techo aparece un suelo rojo.

Análisis de la fracción fina.

Desde el punto de vista de la distribución general de arenas limos y arcillas este depósito repite el esquema de acumulaciones fluviales con procesos de edafización, ya que aumenta notablemente el control de las fracciones más finas: limos (16%) y arcillas (33%) en claro perjuicio de la fracción gruesa (aunque sigue siendo la mejor representada con un 51%) (Fig.153).

El histograma es polimodal (Fig.152) con modas bastante parecidas en los tamices 1 mm. (23,36%), 0,5 mm. (16,77%) 0,2 mm. (13,05) y 0,05 mm. (12,86%). Existen perturbaciones edáficas/diagenéticas, sobre todo en los dos últimos tamices del histograma.

La curva es parabólica con tendencia logarítmica (Fig.150), indicando sedimentación forzada. La clasificación es mala como indica el índice de Trask (3,67) y la talla media del sedimento (Tabla 72) es bastante alta (623 μ). La simetría es positiva lo cual obedece probablemente a la migración vertical de los elementos finos relacionados con la edafogénesis. El parámetro de la kurtosis (0,77) está bastante alterado debido a esta misma razón.

Terraza +55-65 m. Margen Derecha (Muestra A2)**Características generales de la muestra.**

COLOR: 10YR 5.6

ESTRUCTURA: débil.

CONSISTENCIA EN SECO: blanda.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: pocos, de 5 a 15%.

CONTENIDO EN RAICES: pocas y muy finas.

POROSIDAD: nula.

Se trata de una terraza escalonada, con una potencia visible de unos 4 m. aproximadamente. El substrato geológico aparece en el corte; la matriz es de un color rojizo y el material no está cementado. En la columna estratigráfica se observa que no existe estructura visible adoptando un disposición caótica.

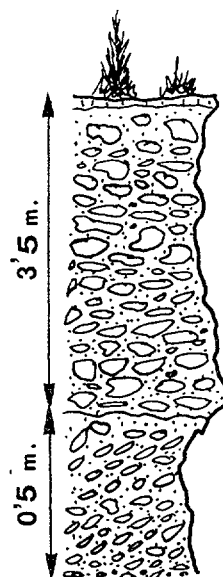


Fig. 146. Terraza 55-65 m.

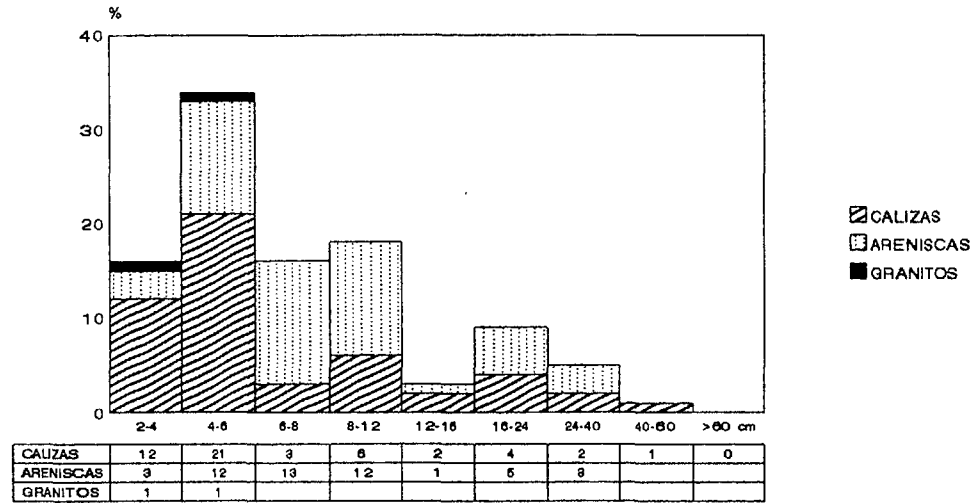
Este depósito fluvial parece haber sido originado por un conjunto de aluvionamientos arrastrados en régimen de "debris-flow", con cierta organización selectiva, si cabe, hacia el techo.

Litofacies y estructura sedimentaria. Gravas masivas con estratificación horizontal y pequeñas imbricaciones. Facies Gm.

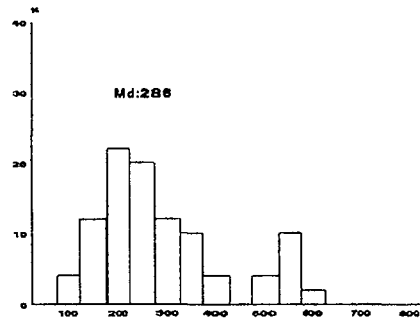
Análisis de la fracción gruesa

El histograma granulométrico (Fig.147) presenta tres modas. La más destacada (con un 34% del total del material) se sitúa en el intervalo granulométrico 4-6 cm. y las dos secundarias entre 9-12 cm. y 16-24 cm. La mediana (6,5 cm.) y el centilo (50 cm. en arenisca) son

A2 Terraza 55-65m



Indice de Desgaste
AINSA A2. TERRAZA 55-65m M.D.



Indice de Aplazamiento
AINSA A2. TERRAZA 55-65m M.D.

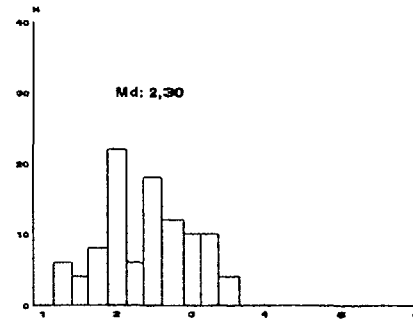


FIG.147.RASGOS LITOLÓGICOS, GRANULOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS.

de valor moderado, al igual que el porcentaje de bloques que superan los 24 cm (4%).

Respecto a la litología está equilibrada entre el material calizo (50%) y las areniscas (48%). Los granitos representan un 2%.

El histograma de desgaste (Fig.147) presenta la mediana más alta de todo el perfil (286). Manifiesta claramente el predominio de cantos con elevados desgastes, así un 70% de la muestra supera un desgaste de 250 y de él un 4% ofrece desgastes superiores a 500. Sólo el 4% de los elementos tiene un desgaste nulo (inferior a 100). Todo ello sugiere de unas condiciones de arrastre muy notables, capaz de ocasionar porcentajes de desgaste tan elevados.

El histograma de aplanamiento (Fig.147) muestra un máximo principal en el intervalo 2,75-3,00 y otros secundarios en 3,25-3,50 y 1,00-1,25. Existen porcentajes muy elevados (54%) de cantos muy aplanados (superiores a 2,5%), descendiendo notablemente el porcentaje de cantos con aplanamientos inferiores a 1,5 o con escaso aplanamiento (10%).

Análisis de la fracción fina.

La distribución de arenas, limos y arcillas sigue la pauta general de las muestras de este perfil como se representa en el diagrama triangular (Fig.153). La fracción fina que acompaña al material detrítico grueso está formada esencialmente por arenas (78%), los limos siguen siendo muy escasos (4%), mientras que el material arcilloso, esta bien representado (18%).

El histograma es trimodal (Fig.151), con un máximo principal situado en el tamiz de 1 mm. y dos secundarios en los tamices 0,5 y 0,2 mm. El porcentaje que ofrecen los tres tipos de fracción arenosa (fina, media y gruesa) es bastante parecido en este depósito. Únicamente aparece en la fracción más gruesa (al igual que en la muestra Al perteneciente a la T +4-6 m.) el tamiz correspondiente a 1,5 mm. vacío.

La curva es parabólica lo que indica sedimentación forzada. El tamaño medio de la muestra (Tabla 72) es de 61 μ caracterizándose por una clasificación pobre ($SO = 1,45$) y asimetría positiva. La kurtosis (0,45) es extremadamente baja lo que señala fuerte fluctuaciones en la velocidad del agente hacia valores más bajos de lo normal o contaminación de la muestra por elementos finos.

TERRAZA +55-65 m. Margen Izquierda (Muestra A3)

Características generales de la muestra.

COLOR: 10YR 5/4
 ESTRUCTURA: fuerte
 CONSISTENCIA EN SECO: dura.
 CUTANES: no se observan.
 CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: muy escasos.
 CONTENIDO EN RAICES: nulo.
 POROSIDAD: nula.

Esta terraza se apoya bruscamente sobre el substrato margoso. Todo el material está muy rubefactado. Existe poca matriz arenosa pero la que hay está fuertemente cementada. La litología granítica está muy poco representada.

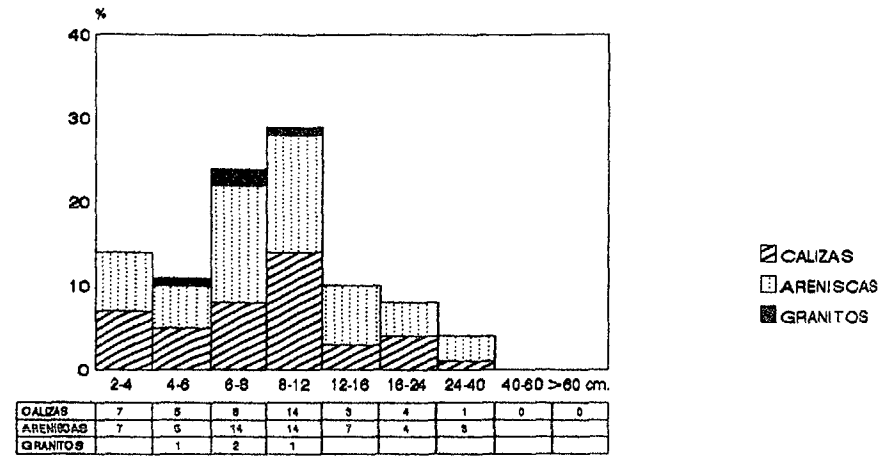
Litofacies y estructura sedimentaria. Gravas masivas con estratificación horizontal y pequeñas imbricaciones. Facies Gm.

Análisis de la fracción gruesa.

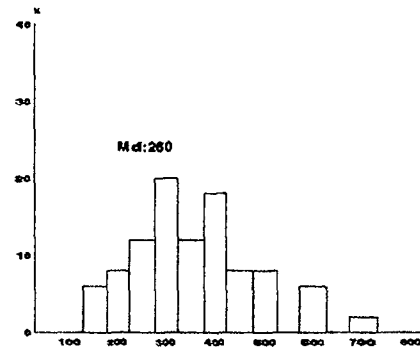
Esta morfología tiene igual nivel altitudinal que la terraza situada en la margen derecha del río Ara; por ello vamos a comparar sucesivamente los datos de ambas terrazas, aunque se comportan de forma muy parecida.

El histograma granulométrico (Fig.148) se diferencia en dos aspectos fundamentalmente: una base menos desarrollada (tan sólo llega al intervalo 24-40 cm.) y un máximo situado en el sector de cantos medios (8-12 cm.) recogiendo un 29% de la muestra total (mientras que en la margen opuesta se situaba entre los cantos pequeños (4-6 cm.).

A3 Terraza 55-65m.



Indice de Desgaste AINSA A3. TERRAZA 55-65m M.I.



Indice de Aplazamiento. AINSA A3. TERRAZA 55-65m M.I.

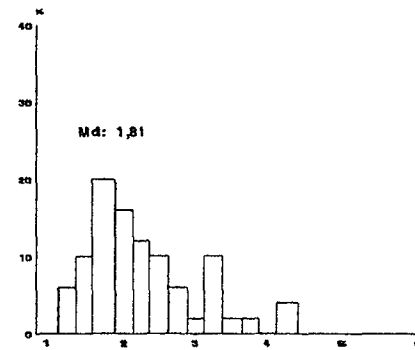


FIG.148. RASGOS GRANULOMETRICOS, LITOLÓGICOS Y MORFOLÓGICOS.

La mediana ha aumentado a 9 cm. y el centilo sigue siendo de talla media (46 cm.) también en arenisca. El número de bloques que superan los 24 cm. es el mismo (4%).

Respecto a la litología la composición de areniscas y calizas sigue siendo parecida aunque en este caso se invierte ofreciendo mayor porcentaje las areniscas (54%) frente a las calizas (42%). Los granitos aumentan ligeramente hasta una porcentaje del 4%.

En el histograma de desgaste (Fig.148) aparecen dos máximos bien desarrollados entre 250-300 y 350-400. La mediana sigue siendo bastante alta (Md ID = 260) lo cual indica elementos bien redondeados como justifica el alto porcentaje de cantos con desgaste superior a 250 (68%) de los que un 8% supera el valor de 500, no existiendo ningún canto con desgaste nulo ó inferior a 100.

Es en el aplanamiento (Fig.148) donde las diferencias entre las dos márgenes se acusan más. El histograma muestra tres modas: la principal situada entre 1,75-2,00 y las secundarias entre 3,00-3,25 y 4,00-4,25. El primer máximo denuncia posiblemente aportes de procedencia lejana al ser más cúbicos, mientras que los segundos y más aplanados detectan elementos en forma de lajas más bien vinculables a aportes laterales y coluvionares. En general, los materiales de la margen izquierda están menos aplanados que los de la otra margen, por lo que la mediana ha descendido a 1,81, así como el porcentaje de cantos con aplanamientos superiores a 2,5 (36%).

Análisis de la fracción fina.

Referente a la distribución general del material detrítico podemos decir que esta antigua acumulación está formada casi exclusivamente por arenas (93%) siendo el porcentaje más alto de todo el perfil (siguiéndole muy de cerca la T +15-18 m. de la misma margen con un 91%). Consecuentemente, el porcentaje de limos y arcillas es muy bajo estando representado los primeros con un 6% y las arcillas tan sólo por un 1% (Fig.153).

El histograma es bimodal (Fig.151), con un máximo muy acusado en el tamiz 0,5 mm (39,45%) y una moda mucho menos marcada en el tamiz de 1 mm. (14,24%). La fracción mejor representada es la arena media con un 66,63% del total de la muestra, siendo la fracción de arena fina prácticamente inexistente (2,94%).

La curva es hiperbólica de tipo sigmoidal tendida (Fig.150), con acumulación semilibre predominando el lavado sobre la decantación, lo que explica la eliminación de finos. La clasificación es buena ($SO = 2,64$) y la curva simétrica ofrece igual grado de selección para la fracción fina que para la gruesa (ver Tabla 72). La intensidad de flujo de la corriente fluvial no fue demasiado acusada, aunque parece apuntar a variaciones hacia valores algo más altos que los normales.

SUELO SOBRE TERRAZA +55-65 m. Margen Izquierda (Muestra A7)

Características generales de la muestra.

COLOR: 5YR 5/6

ESTRUCTURA: de moldearada a fuerte.

CONSISTENCIA EN SECO: duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: nulo.

CONTENIDO EN RAICES: nulo.

POROSIDAD: nula.

Análisis de la fracción fina.

La distribución del material detrítico del suelo rojo que se dispone sobre esta terraza, presenta unos porcentajes de limos y arcillas muy superiores (13% y 17% respectivamente). Aunque en la muestra sigue imperando el predominio arenoso con un 70% (Fig.153).

Esta muestra presenta un histograma trimodal con modas en los tamices de 1, 0,5 y 0,2 mm (Fig.152). Se observa un predominio de la fracción arenosa acumulando el 56,79% del sedimento total.

La curva acumulativa es parabólica con sedimentación forzada (Fig.150). La talla media del sedimento (Tabla 72) es elevada (940μ). La clasificación es pobre ($SO=1,73$) y la skewness (0,37) indica

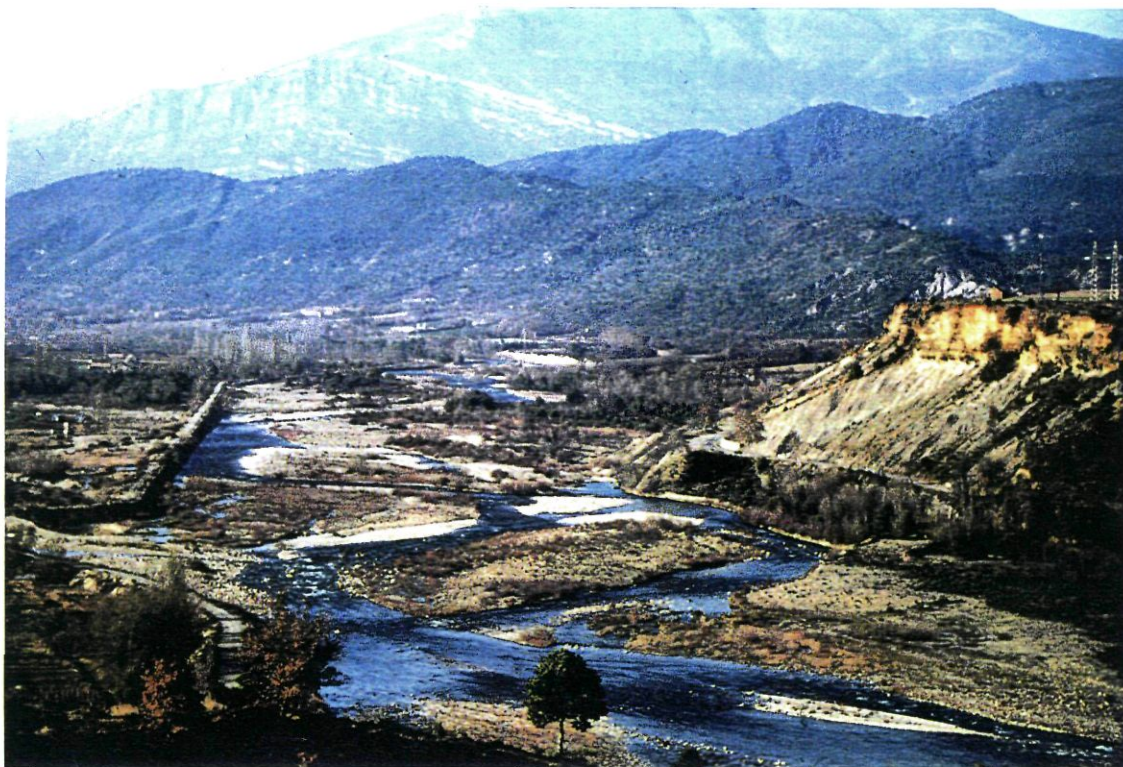


Foto 22. Río Ara; terraza +55-65 m. (A3) .



Foto 23. Detalle de la terraza +55-65 m. (A3), apoyandose sobre el substrato margoso.

simetría positiva por lo que la fracción fina esta mejor clasificada que la fracción gruesa. Existen fuertes remociones deposicionales más o menos intensas y lavado de finos.

VALLE DEL CINCA. TERRAZA +30-40 m. (Muestra C1)

Características generales de la muestra.

COLOR: 7.5YR 4/6

ESTRUCTURA: moderada.

CONSISTENCIA EN SECO: ligeramente duro.

CUTANES: no se observan.

CONTENIDO EN FRAGMENTOS ROCOSOS: pocos menos del 5%.

CONTENIDO EN RAICES: pocas y muy finas.

POROSIDAD: nula.

Esta es la única muestra del perfil de Ainsa que corresponde a un aluvionamiento del río Cinca y no al valle del río Ara como el resto de las muestras estudiadas, razón por la cual no la incluimos en los parámetros estadísticos de dicho perfil.

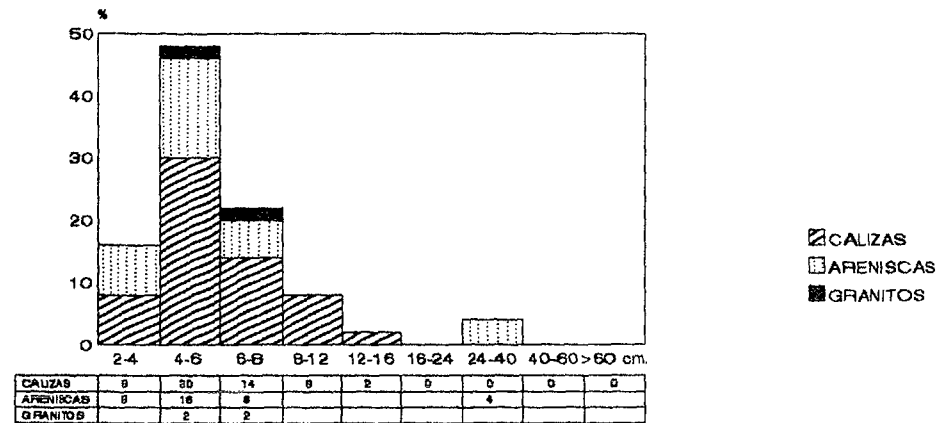
Hecha esta salvedad, hemos de decir que la morfología de esta terraza es plana. Con materiales dispuestos caóticamente y con granitos muy alterados. El espesor visible es de 2 a 3 m. y al igual que la T +55-65 m. se apoya bruscamente sobre el substrato margoso.

Litofacies y estructura sedimentaria. Gravas masivas. Apenas presentan estructura sedimentaria definida. Facies Gm.

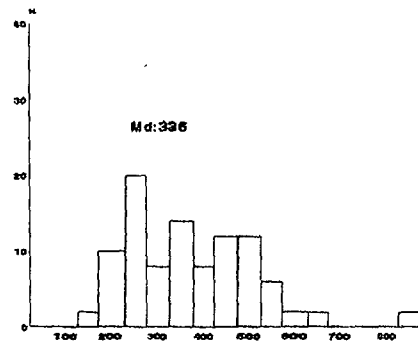
Análisis de la fracción gruesa.

El histograma granulométrico (Fig.149) presenta una base muy pequeña, interrumpiéndose en el intervalo 16-24 para continuar con un 4% de cantos superiores a 24 cm. El histograma se presenta claramente unimodal con un máximo situado en la fracción de cantos pequeños (4-6 cm.) acumulando casi la mitad del total muestreado (48%). La mediana es moderada (6 cm.) al igual que el centilo (40 cm. en arenisca).

C1 Terraza 30-40m.



Indice de Dañante
CINCA C1. TERRAZA 30-40m M.D.



Indice de Aplanamiento
CINCA C1. TERRAZA 30-40m M.D.

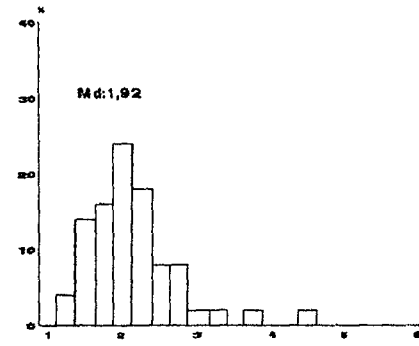


FIG.149. RASGOS GRANULOMETRICOS, LITOLÓGICOS Y MORFOMÉTRICOS.

Respecto a la litología hay un claro predominio de material calizo (62%) frente a las areniscas (34%). Los granitos representan un 4% situándose siempre en las fracciones de cantos pequeños (4-6 cm. y 6-8 cm.).

El histograma de desgaste (Fig.149) presenta una amplia base provocando que la mediana llegue hasta el valor de 336 lo cual indica elementos muy redondeados, como ratifica el elevadísimo porcentaje de cantos con desgastes superiores a 250 con un 78% del total muestreado; un 12% de aquellos tiene desgaste superior a 500. No existen cantos con poco o nulo desgaste lo que nos hace pensar en condiciones de torrencialidad acentuada aunque sin apenas roturas durante el proceso de transporte de la carga gruesa.

El histograma de aplanamientos muestra un perfil unimodal (Fig.149) con máximo entre 1,75-2,00. La mediana es moderada (1,92) al igual que el porcentaje de cantos con aplanamiento superior a 2,5 (24%) siendo de un 18% el porcentaje de elementos con aplanamientos bajos, es decir inferior a 1,5.

Análisis de la fracción fina.

Respecto a la distribución general de arenas, limos y arcillas de este depósito (Fig.153) podemos decir que la fracción arenosa está bien representada con un 70%. Las dos fracciones restantes tienen idéntico porcentaje (15%). Esta terraza ostenta valores muy semejantes a la media del perfil de Ainsa (Md arcillas = 17%, Md limo = 13% y Md arena = 70%).

Se trata de un histograma trimodal con gran heterometría del material (Fig.151). Aparecen tres máximos uno en cada fracción: en las arenas gruesas en el tamiz de 1 mm. (26,28%), arenas medias en el tamiz de 0,5 mm. (21,85) y por último, en las arenas finas en el tamiz de 0,2 mm.(12,57%). Existen retenciones de sedimentos en todos los tamices.

La curva es de tipo parabólico indicando acumulación forzada con predominio del lavado sobre la decantación. El tamaño medio del sedimento (Tabla 72) es bastante importante (790μ). La clasificación es bastante pobre y la simetría positiva estando mejor clasificada la fracción fina que la fracción gruesa. El medio de depósito no ha experimentado fluctuaciones en la velocidad del agente, y las remociones post-deposicionales han eliminado parte del material más fino.

8.2. CONSIDERACIONES Y SÍNTESIS MORFOLÓGICAS Y SEDIMENTOLÓGICAS DEL PERFIL DE AINSA.

Comentario general del material grueso.

Desde el punto de vista granulométrico la talla media del material de este perfil está comprendido entre 11 y 6 cm., correspondiendo a la T +15-18 m. (A5) y al Cono +10 m. (A4) respectivamente (Tabla 70). El centilo de menor tamaño pertenece también a este último (30 cm. en caliza), siendo la T +4-6 m. (A1) la que ostenta el mayor tamaño (95 cm. en arenisca). El mayor número de bloques, superior a 24 cm., se encuentra en la barra actual, repitiendo la muestra A4 el porcentaje más bajo de todo el perfil.

Respecto a la litología granítica, el número de cantos es siempre similar en todas las muestras (entre 2 y 4%). El material calizo es el más abundante aunque a veces tiene fuertes oscilaciones, 26% (T +15-18) y 94% (Cono +10). Las areniscas son la segunda litología en importancia oscilando los valores, de nuevo, entre las mismas muestras 4% (Cono +10) y 70% (T +15-18).

En cuanto al desgaste y al aplanamiento lógicamente ofrecerá un menor desgaste y un mayor aplanamiento el Cono +10. La T +30-40 (C1) perteneciente al río Cinca, es la muestra que presenta un mayor desgaste ($Md=336$)

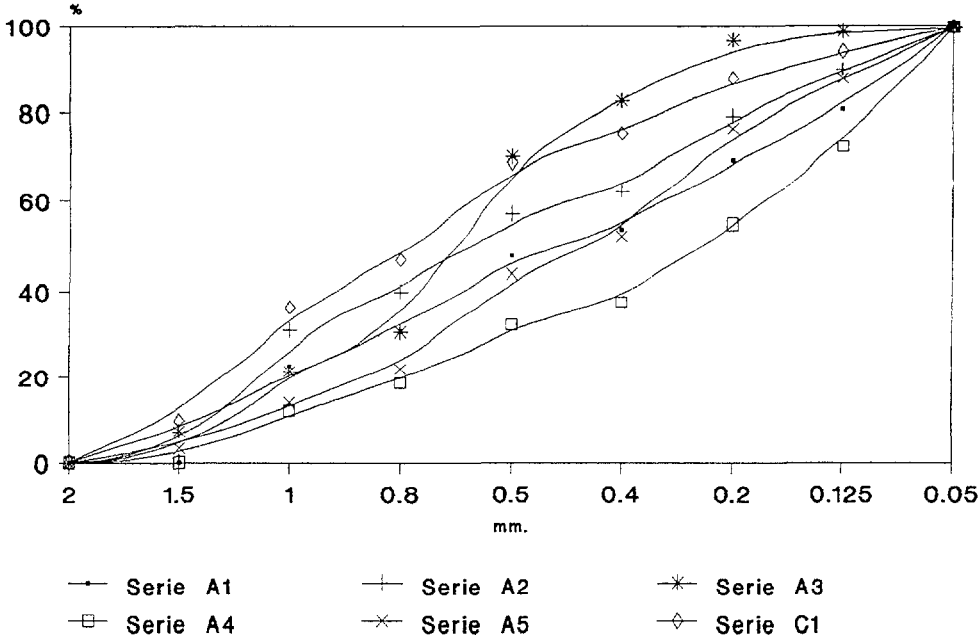
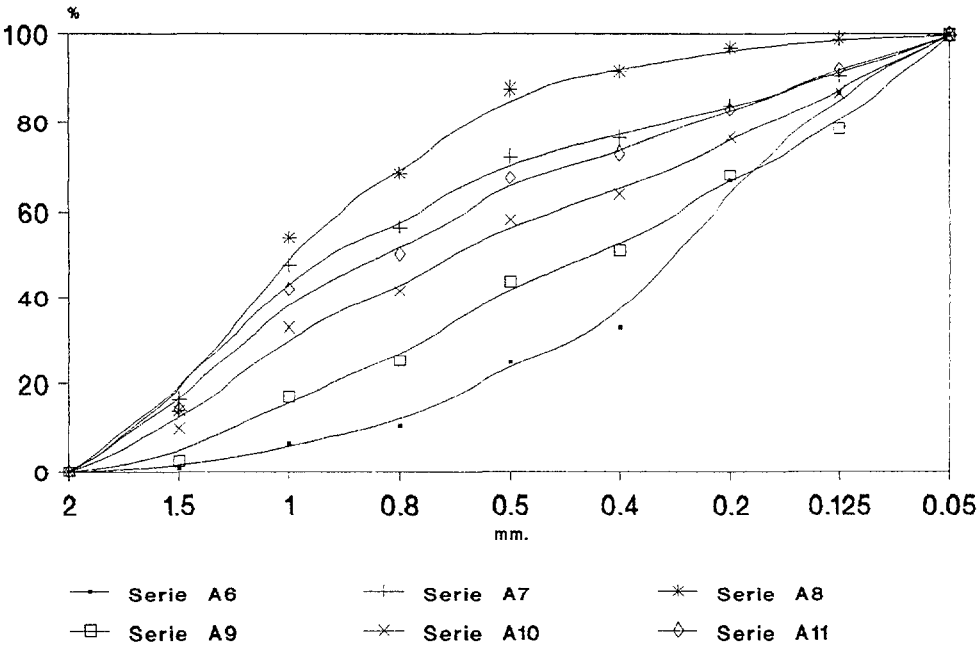


Fig.150. Distribución granulométrica de la fracción fina del perfil de Ainsa



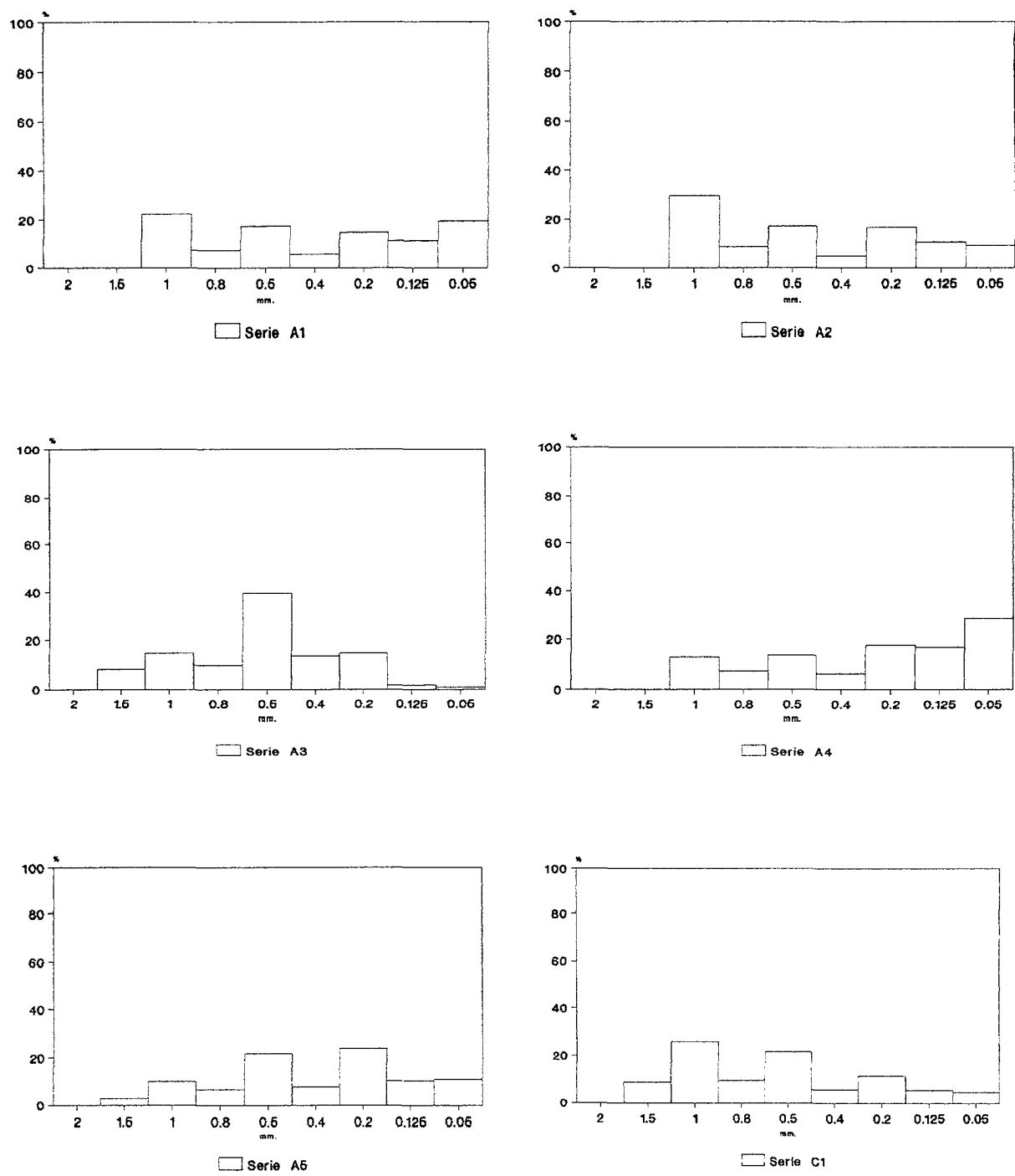


Fig.151. Histogramas granulométricos de la fracción fina del perfil de Ainsa (A1-C1)

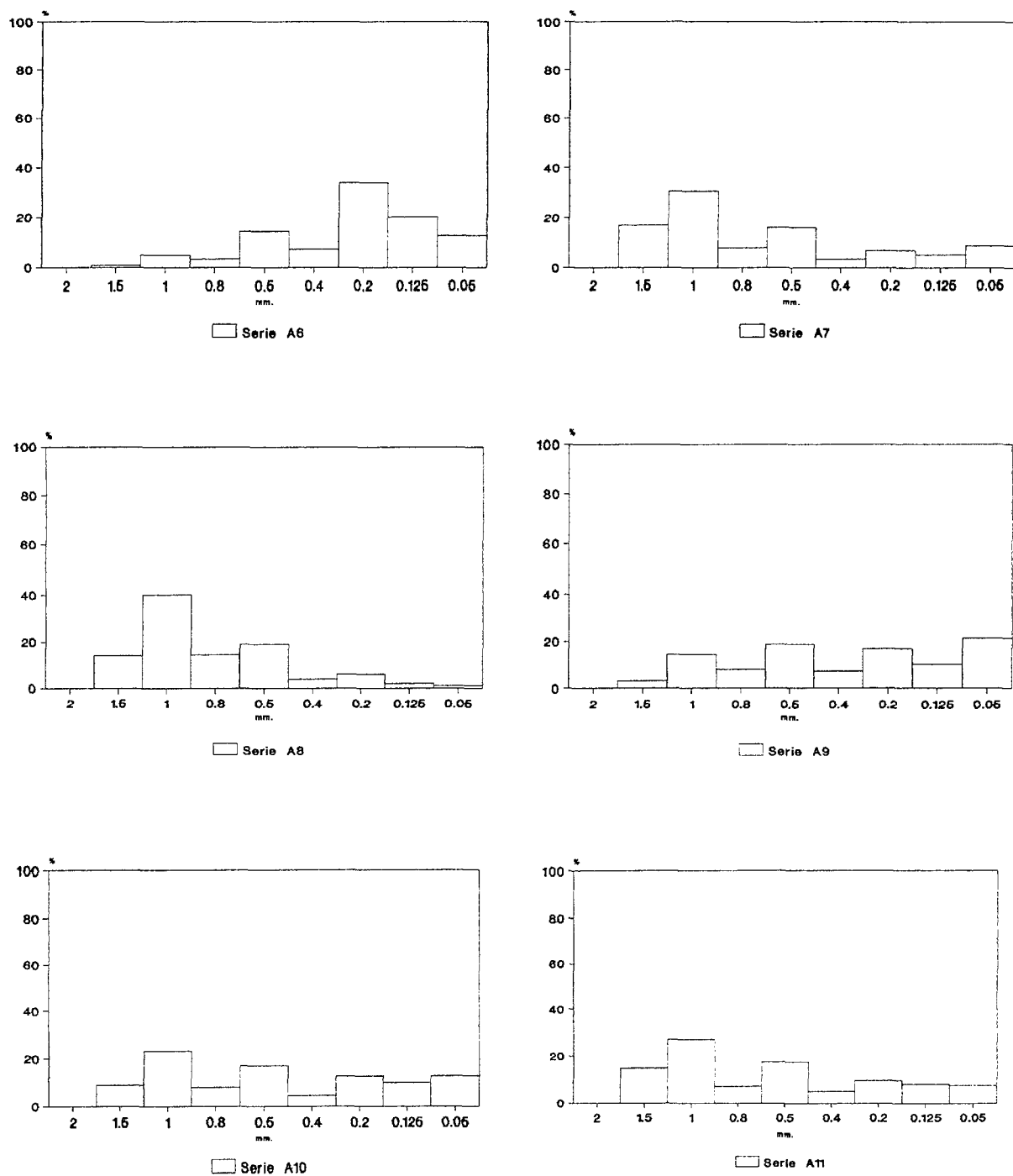


Fig.152. Histogramas granulométricos de la fracción fina del perfil de Ainsa (A6-A11)

	B. Actual A6	T 4-6 m A1	T 8-12 m A8	T 15-18 m A5	Cono 10 m A4	T 55-65 MI. A3	T 55-65 MD. A2	T 30-40 m C1
GRANULO.								
Md cm.	10	10	9	11	6	9	6,5	6
Centilo cm.	54 (Ar)	95 (Ar)	60 (Ar)	50 (Ar)	30 (Ca)	46 (Ar)	50 (Ar)	40 (Ar)
% >24 cm	19	14	8	4	1	4	4	4
LITOLOGÍA								
% Granito	3	4	3	4	2	4	2	4
% Arenisca	15	53	9	70	4	54	48	34
% Caliza	82	43	88	26	94	42	50	62
DESGASTE								
Md	230	221	270	268	150	260	286	336
% < 100	4	4	-	2	10	-	4	-
% > 250	42	62	70	58	34	60	66	66
% > 500	12	6	8	12	-	8	4	12
APLANAMIE.								
Md	2,25	2,21	2	1,77	2,16	1,81	2,3	1,92
% < 1.5	18	10	14	36	4	16	10	18
% > 2.5	50	48	36	24	60	36	54	24

Tabla 70. Indices granulométricos y morfométricos.

Comentario general del material fino.

La distribución general de arenas, limos y arcillas de los distintos depósitos pertenecientes al perfil de Ainsa ofrecen a grosso modo rasgos muy semejantes:

- La fracción arena es siempre la mejor representada $70 \pm 18\%$, mientras que la arcilla $17 \pm 10\%$ y el limo $13 \pm 10\%$ se sitúan con valores mucho más bajos (Tabla 71). Unicamente la llanura de inundación (muestra A9) presenta el porcentaje arenoso más bajo de todo el perfil (36%) favoreciendo de este modo a la fracción limosa que llega a tener el porcentaje de limo más alto de Ainsa (36%), triplicando casi el valor de la media aritmética que se sitúa en 13%.

- La fracción limosa es la que muestra un espectro más amplio presentando valores que van del 1% al 36% (anteriormente mencionado).

- Respecto a la fracción arcillosa esta moderadamente representada (media aritmética = 17%) aunque siempre cerca de la fracción limosa (media = 13%) que de la arena (media = 70%).

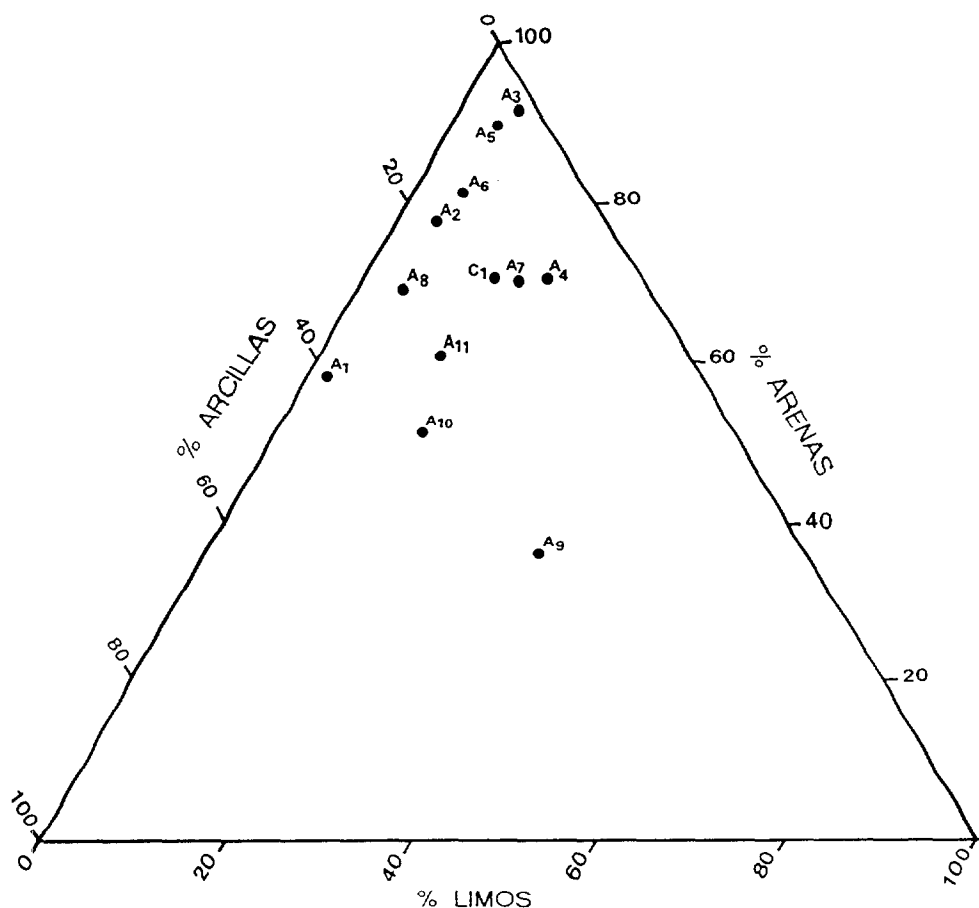


FIGURA 153 . DIAGRAMA TRIANGULAR DEL PERFIL DE AINSA

Muestra	Textura %			Parametros de la Fase Arenosa					
	Arenas Finas	Arenas Medias	Arenas Gruesas	Q50 (1)	Mz (1)	OI (2)	So (2)	SK (2)	Kg (2)
A3	2,94	66,63	30,38	676	626	0,83	2,64	0,01	1,2
A7	15,56	27,62	56,79	940	650	1,39	1,73	0,56	1,14
A5	23,4	54,6	21,95	427	385	1,19	2,28	0,34	0,75
A1	31,1	38,4	30,47	450	375	1,52	5,21	0,26	0,7
A9	31,58	43,34	25,05	410	370	1,54	2,89	0,21	0,75
A6	33,16	56,64	10,16	282	294	1,17	1,59	-0,02	1,03
A8	2,83	28,57	68,55	1038	935	0,7	1,18	0,39	1,01
A10	23,32	34,94	41,7	623	491	1,48	3,67	0,36	0,77
A2	20,78	39,25	39,93	611	490	1,35	1,45	0,37	0,55
A4	44,82	36,6	18,55	240	263	1,52	2,18	-0,07	0,73
A11	16,7	33,15	50,1	800	605	1,37	2,05	0,44	0,96
C1	12,04	41,03	46,88	749	590	1,18	2,31	0,35	0,99

Tabla 72 . ANALISIS SEDIMENTOLOGICO DE LA FRACCION FINA DEL PERFIL DE AINSA

(1) Unidades expresadas en micras.

(2) Unidades expresadas en phi.

MUESTRAS	Arcilla	Limo	Arena
	%	%	%
A3 T (55-65m) M.I.	1	6	93
A7 T (55-65m) S.R.	13	17	70
A5 T (15-18m) M.I.	5	4	91
A1 T (4-6m) M.I.	40	1	59
A9 Llan.Inundación	28	36	36
A6 Barra Actual	12	7	81
A8 T (8-12m) M.D.	26	5	69
A10 T (20-23m) S.R.	33	16	51
A2 T (55-65m) M.D.	18	4	78
A4 Cono +10m.M.D.	10	19	71
A11 Cono +10m. S.R.	26	13	61
Desviación estandar	10	10	18
Media Aritmética	17	13	70
Coeficiente Variación	0,62	0,78	0,24
C1 T (30-40m) M.D.	15	15	70

Tabla 71. Composición de la matriz fina.

En general y como demuestra el diagrama triangular (Fig.153) las muestras de Ainsa son bastante heterogéneas aunque podríamos clasificarlas en dos grupos:

- las que presentan bajos porcentajes de limos situándose próximas al eje de las arcillas (A1, A8, A2, A6, A5, A3).
- y las que ofrecen porcentajes más o menos equitativos situándose en el centro del triángulo (C1, A7, A4, A11, A10, A9).

8.3.PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS Y MINERALÓGICAS.

Se trata de muestras con pH elevados, con una media de 8,4 unidades, que incluso alcanzan el valor 9 en la muestra A5 correspondiente a la terraza 15-18 m. de la margen izquierda. Sólo hay una excepción en el corte, correspondiente a la muestra A7 con un pH de 7,3 para la terraza 60-65 m. (margen izquierda). El coeficiente de variación es por tanto muy bajo 0,05% (Tabla 73).

Estos comentarios son coincidentes con la proporción de carbonatos obtenida por calcimetría, que toma el mínimo valor (0,5%) en la muestra A7, estando el resto de tomas cercano al 50%, con dos excepciones que son las correspondientes a las muestras A11 (Cono +10) y A10 (T 20-23m) y de valor intermedio en la A2 (T 60-65m), perteneciendo todos ellos a la margen izquierda.

Para las conductimetrías los valores oscilan entre 100 y 170 $\mu\text{s/cm}$ excepto en la muestra A3 (T +60-65m margen izquierda) con una conductividad muy elevada (297,0 $\mu\text{s/cm}$). En ninguna de las muestras hay materia orgánica.

MUESTRAS	pH	Cond. Calci.	
		$\mu\text{s/cm}$	%
A3 T(55-65m) M.I.	8,8	297,0	48,0
A7 T(55-65m) S.R.	7,3	91,7	0,5
A5 T(15-18m) M.I.	8,9	108,9	49,8
A1 T(4-6m) M.I.	8,6	163,5	46,2
A9 Llan. Inundación	8,9	160,4	48,6
A6 Barra Actual	8,0	160,5	50,0
A8 T(8-12m) M.D.	8,6	110,2	43,6
A10 T(20-23m) S.R.	8,3	117,6	5,2
A2 T(55-65m) M.D.	8,7	155,4	27,2
A4 Cono +10m. M.D.	8,5	116,6	51,6
A11 Cono +10m. S.R.	8,3	120,5	17,4
Desviación estandar	0,5	899,4	19,9
Media Aritmética	8,4	411,2	34,1
Coefficiente Variación	0,05	2,18	0,58
C1 T(30-40m) M.D.	8,5	152,7	4,5

Tabla 73 . Propiedades físico-químicas.

La fracción ligera detectada en las arenas que envuelven a los materiales gruesos que componen el sistema de terrazas y conos en este tramo final del valle, están formadas, en todos los casos, por elementos en los que predomina la naturaleza carbonática (71%-43%) (Tabla 74); junto a ellos, y en proporciones muy variables, se encuentran fragmentos moscovíticos (22%-8%) y de cuarzo (27%-13%) y feldespato (15%-1%). Desde el punto de vista cronológico no se advierte ningún tipo de variación en función de la edad de la formación superficial (Fig 155), salvo algunas alteraciones puntuales

en los feldespatos que se advierte en la terraza más antigua de la margen izquierda (T+60-65:A3 = 1% de feldespato), que sin embargo no se hacen notorias en la misma terraza de la otra margen (T+60-65:A2 = 13% de feldespato).

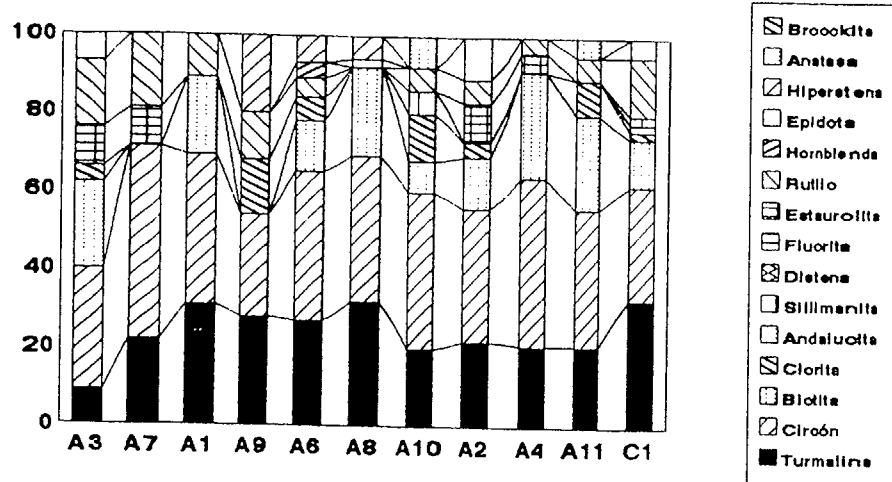
	Fr. Pesada	Fr. Ligera
A3 T(55-65m) M.I.	36%	64%
A2 T(55-65m) M.D.	20%	80%
C1 T(30-40m) M.D.	24%	76%
A5 T(15-18m) M.I.	28%	72%
A8 T(8-12m) M.D.	27%	73%
A1 T(4-6m) M.I.	23%	77%
A9 Llan. Inundación	47%	53%
A6 Barra Actual	42%	58%
A4 Cono +10m M.D.	29%	71%
A11 Cono +10m. S.R.	43%	57%
A7 T(55-65m) S.R.	43%	57%
A10 T(20-23m) S.R.	23%	77%

Tabla 74 ; Porcentajes de la fracción pesada y ligera.

En lo que respecta a la fracción ligera de los suelos ubicados sobre la terraza 55-65 m (muestra A7); sobre la terraza 20-23 m (muestra A10) y el cono 10 m (muestra A11) señalar como los procesos edáficos, especialmente en el suelo más antiguo, han eliminado parte del contenido carbonático, lo cual ha dado lugar a una composición en la que el predominio litológico corresponde al cuarzo.

La fracción pesada de las muestras asociadas a este perfil ofrece una de las composiciones más variadas que pueden advertirse en esta cuenca fluvial, ya que intervienen un total de 11 minerales pesados (Tabla 75). De nuevo, los minerales de comportamiento más resistente (turmalina, circón y rutilo) son los predominantes en todas las muestras (Fig. 155), aunque hay que hacer constar la ausencia de rutilo en alguna terraza baja (T +8-12 m. :A8) de la margen derecha, sin que podamos detectar la causa de esta anomalía.

FRACCION PESADA



FRACCION LIGERA

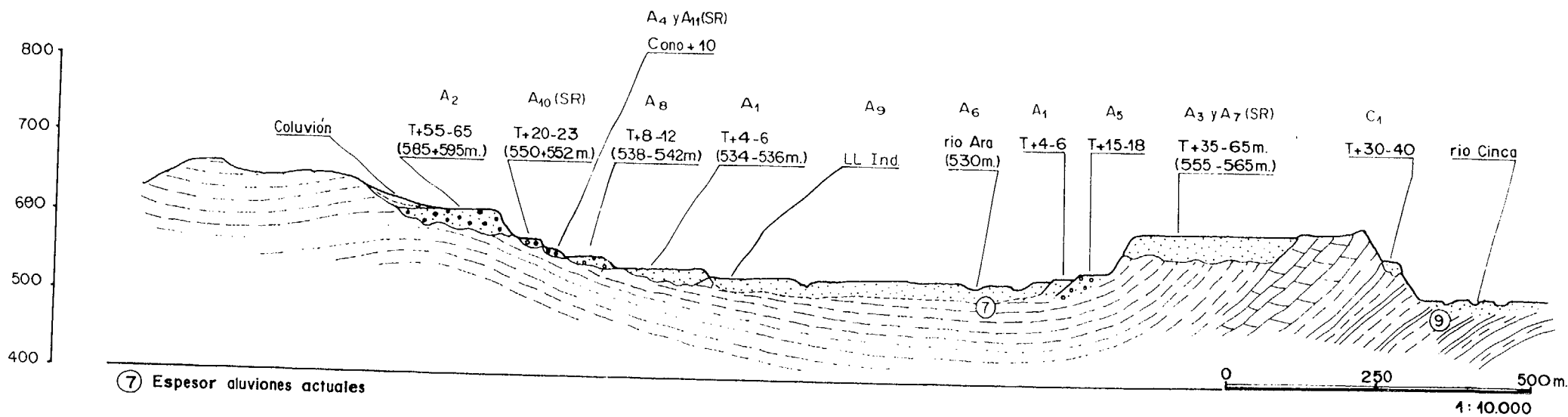
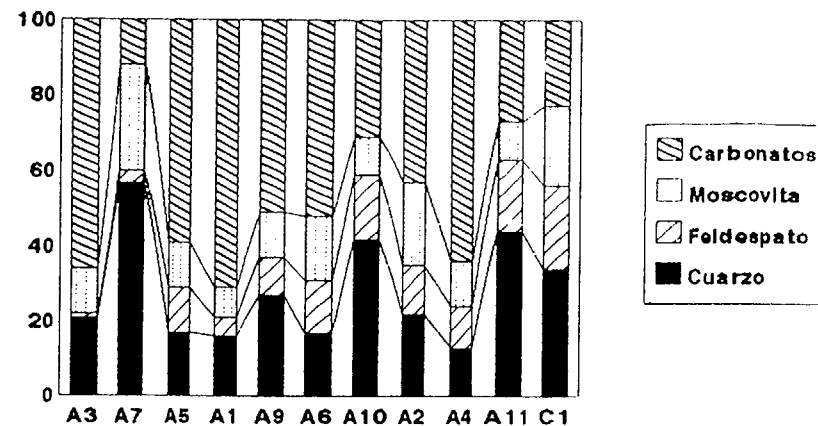


FIG. 155. VALLE DEL RIO ARA, PERFIL DE AINSA

	TUR	CIR	RUT	BIO	CLO	EST	EPI	HIP	HOR	SIL	ANA	FLU	DIS	BRO	AND	CUA	FEL	MOS	CAR
Fracción pesada																Fracción ligera			
A3	9	31	17	22	4	10	7	--	--	--	--	--	--	--	--	21	1	12	66
A7	22	49	19	--	--	10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	57	3	28	12
A5	25	32	11	10	4	11	7	--	--	--	--	--	--	--	--	17	12	12	59
A1	31	38	11	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	16	5	8	71
A9	28	26	12	14	--	--	--	20	--	--	--	--	--	--	--	27	10	12	51
A6	27	38	5	13	6	--	--	7	4	--	--	--	--	--	--	17	14	17	52
A8	32	37	--	23	--	--	2	6	--	--	--	--	--	--	--	18	15	13	54
A10	20	40	6	8	12	--	--	--	--	6	8	--	--	--	--	42	17	10	31
A2	22	34	6	13	4	10	11	--	--	--	--	--	--	--	--	22	13	22	43
A4	21	43	4	27	--	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	13	11	12	64
A11	21	35	6	24	9	--	--	--	--	--	5	--	--	--	--	44	19	10	27
D.E.	6	6														14	5	6	17
M.A.	23	37														27	11	14	48
C.V.	0,26	0,16														0,5	0,45	0,43	0,35
C1	33	29	15	12	2	2	5	--	--	--	--	2	--	--	--	34	22	21	23
	TUR	CIR	RUT	BIO	CLO	EST	EPI	HIP	HOR	SIL	ANA	FLU	DIS	BRO	AND	CUA	FEL	MOS	CAR

Tabla 75. Composición mineralógica de la fracción pesada y ligera en %.

Desde el punto de vista cronológico, la asociación de minerales más resistentes (Fig.154) permanece muy homogénea en todos los aluviones, desde los pertenecientes a los niveles más antiguos hasta los más recientes. Su porcentaje fluctúa entre el 55% y el 85% no registrándose ningún tipo de incremento, por fuerte alteración de los demás minerales, ni siquiera en las arenas del material aluvial más antiguo de la terraza +55-65 m. presente en ambas márgenes (A3 y A2).

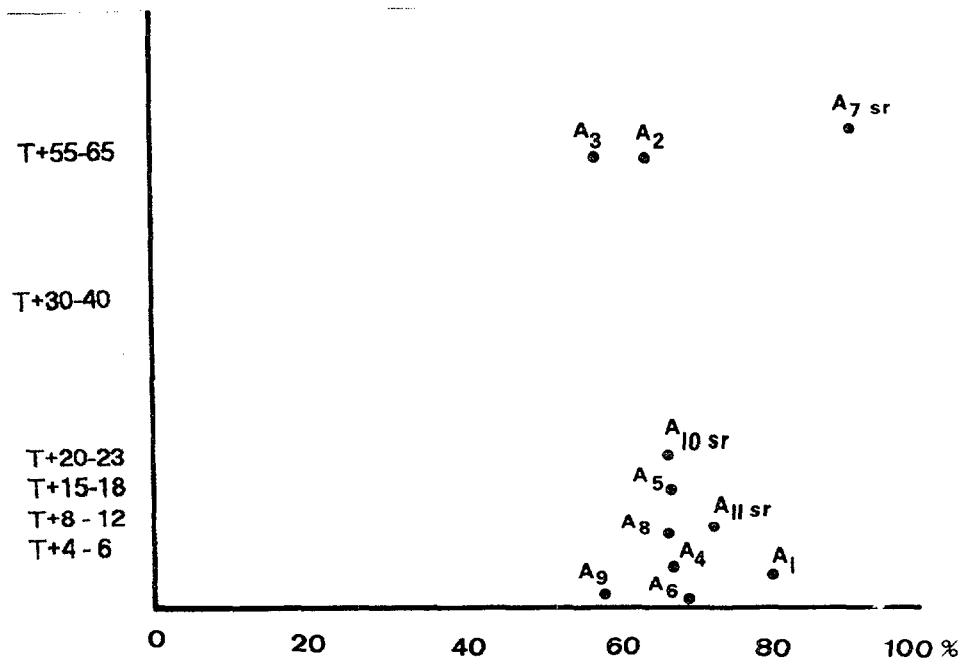


Fig.154; Evolución de los porcentajes de turmalina + circón + rutilo en función de la edad de los depósitos.

En lo que respecta a las formaciones edáficas que cubren las terrazas y conos se debe señalar que la alteración es moderada en los suelos que cubren los niveles bajos. Así, el suelo (A10) que se apoya sobre la terraza +20-23 m. ofrece una composición de minerales resistentes con porcentaje semejante al que muestran, incluso, las terrazas más recientes; idéntico comentario habría que aplicar al suelo (A11) que fosiliza el cono +10-12 m. (A4) que ofrece una enorme similitud con la fracción pesada de sus aluviones (Fig 154). La escasa alteración que sugerimos viene además apoyada por otros hechos, siendo el más relevante el que ambos suelos contienen cierto porcentaje de minerales frágiles, como la biotita, decrecientes en función de una mayor antigüedad, A10 (suelo T +20-23 = 8% y A11 (suelo sobre Cono +10-12 = 24%, Tabla 75). Sin embargo, una alteración mucho más significativa ofrece el suelo rojo más antiguo, que se apoya sobre la T +55-65 (A7); esta muestra tiene una composición mineralógica resistente cuyo elevado porcentaje, 90% (Fig 154) se separa de modo muy sensible al que ofrecen los aluviones infrayacentes pertenecientes a esta terraza extendida por ambas márgenes (A2 y A3); el resto de minerales pesados se asocia a la estaurolita (10%), mineral muy frecuente en los medios metamórficos y dotado de una notable resistencia a los agentes erosivos.

Los sedimentos más recientes asociados a las barras actuales (A6) y al la llanura de inundación (A9) son, lógicamente, los que muestran una composición mineralógica pesada más variable reconociéndose hiperstena y sólo los arrastres actuales conllevan algunos porcentajes de hornblenda.

La única muestra tomada en el valle del Cinca para la mineralogía de arenas en la fracción pesada presenta, un predominio de turmalina (33%) y circón (29%) como mayoritario. De contenido intermedio, están la biotita (12%) y el rutilo (15%), siendo minoritarios, la clorita (2%), la estaurolita (2%), la epidota (5%) y diferenciándose de anteriores conjuntos de muestras, se distingue fluorita en un 2%.

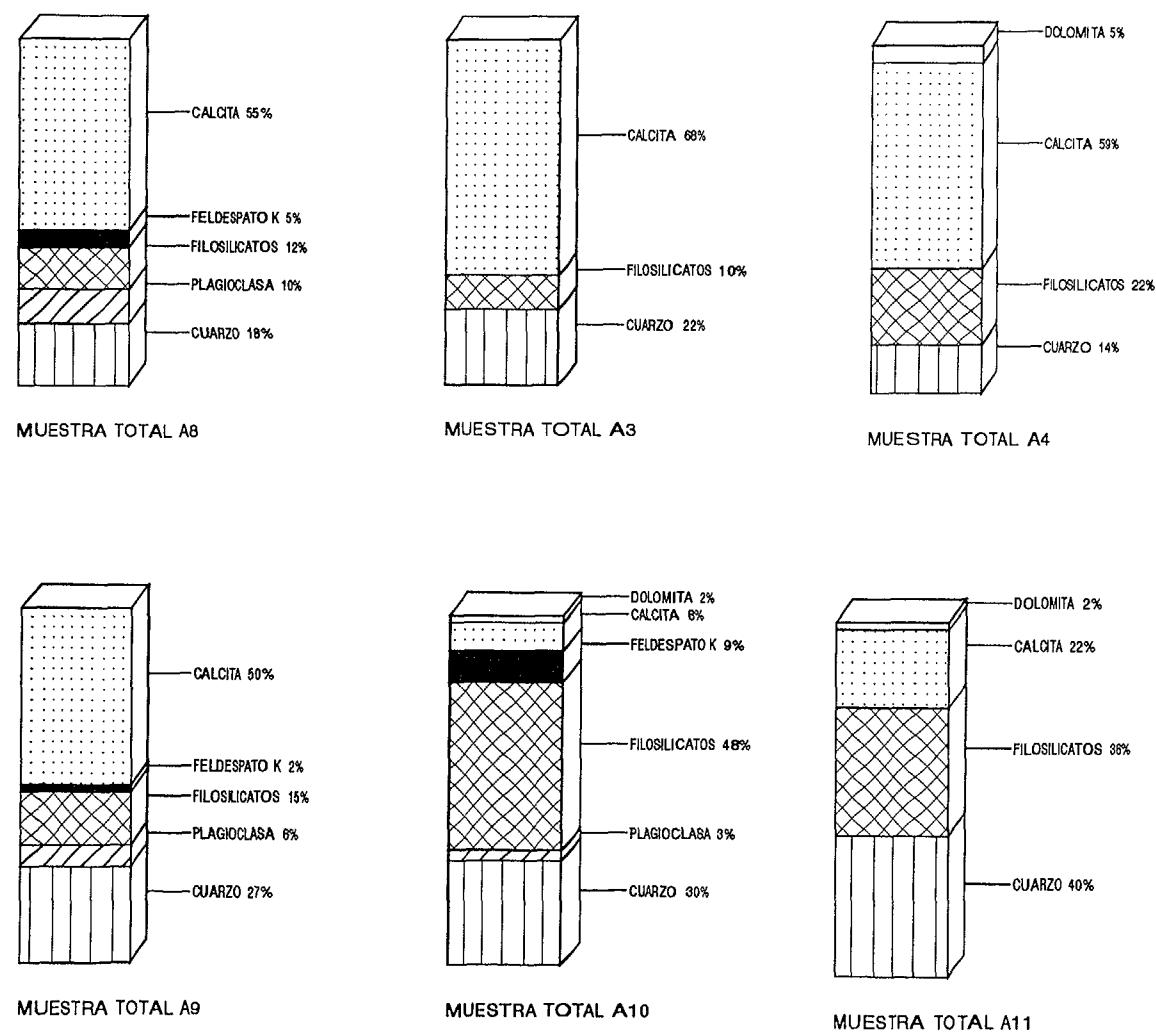
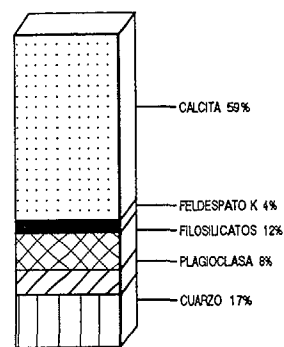
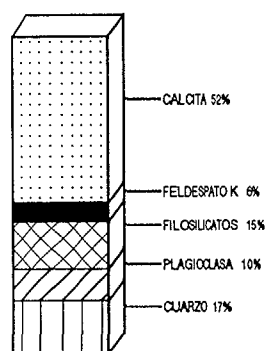


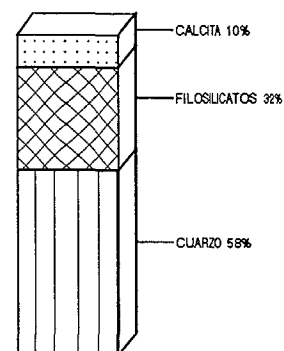
FIGURA 157. HISTOGRAMA MINERALOGICO DEL PERFIL DE AINSA.



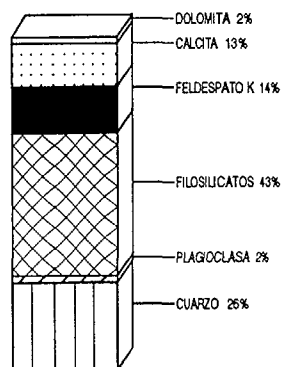
MUESTRA TOTAL A5



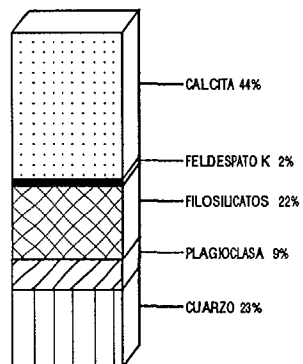
MUESTRA TOTAL A6



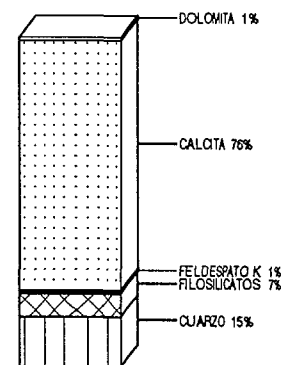
MUESTRA TOTAL A7



MUESTRA TOTAL C1



MUESTRA TOTAL A2



MUESTRA TOTAL A1

FIGURA158. HISTOGRAMA MINERALOGICO DEL PERFIL DE AINSA.

En lo que respecta a la fracción ligera, los contenidos de cuarzo (34%), feldespato (22%), mica (21%) y carbonato (23%), representan cada uno aproximadamente, la cuarta parte del total.

La mineralogía en la muestra total confirma altos contenidos de carbonatos, predominando sobre los silicatos, excepto en la toma A7 y A11. Merece especial atención la presencia de anfíbol en las muestras A1 (T+4-6m) y A5 y la existencia conjunta de dos tipos de feldespatos (potásico y calco-sódico) en todas las muestra excepto A3, A4 (Cono+10), A7, y A11. En todas las muestras hay filosilicatos en concentraciones variables, desde 7 a 48%, y con elevados contenidos en aquellas muestras en las que los carbonatos son minoritarios, A7, A10 y A11. El conjunto de muestras de Ainsa presenta $21 \pm 12\%$ (Fig.76).

En el estudio de los minerales de la arcilla por difracción de Rayos X se puede decir que todas presentan una trilogía de caolinita - illita - esmectita, con illita mayoritaria. Sólo la muestra A3 presenta clorita y la A10, sepiolita. En la terraza 60-65 m. (A3), la proporción de clorita (35%) supera al resto de minerales de la arcilla.

La cristalinidad de la esmectita es baja en todas las muestras, con índice de BISCAYE (1965) inferior a 0.25, excepto en la muestra A1(T4-6m margen derecha), donde este índice alcanza el valor 0.60, lo que indica buena cristalinidad.

En todas las muestras, excepto en A1 aparecen interestratificados illita-esmectita, que indica la transformación de una en otra.

La composición química delata una uniformidad para el contenido en Al_2O_3 ($16,7 \pm 0,88\%$). Para el MnO $0,04 \pm 0,03\%$ y para el TiO_2 $0,12 \pm 0,02\%$. En todas las muestras el potasio se presenta con moderación, en concentraciones $1,53 \pm 0,22\%$ (Tabla 77).

MUESTRAS	Carb.	Q	FK	F.CaNa	Anfib.	Hemat.	Filo.	K	Il	S	C	Se
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A3 T(55-65m) M.I.	68	22	0	0	0	0	10	24	27	14	35	0
A7 T(55-65m) S.R.	10	58	0	0	0	0	32	3	92	5	0	0
A5 T(15-18m) M.I.	59	17	4	8	0,5	-	12	11	84	5	-	0
A1 T(4-6m) M.I.	77	15	1	-	0,5	-	7	17	78	5	-	0
A9 Llan. Inundación	50	27	2	6	-	-	15	7	84	9	0	0
A6 Barra Actual	52	17	6	10	-	-	15	8	79	10	-	3
A8 T(8-12m) M.D.	55	18	5	10	-	-	12	8	79	13	-	0
A10 T(20-23m) S.R.	10	30	9	3	-	-	48	5	73	17	-	5
A2 T(55-65m) M.D.	44	23	2	9	-	-	22	32	53	15	0	0
A4 Cono +10m. M.D.	64	14	-	-	-	-	22	7	87	6	0	0
A11 Cono +10m. S.R.	24	40	-	-	-	-	36	10	85	5	0	0
Desviación Estandar	23	13	3	4	0,2	0,0	12	9	19	5	11	2
Media Aritmética	47	26	3	4	0,2	0,1	21	12	75	10	3	1
Coefficiente Variación	0,48	0,52	1,13	1,05	1,13	0,37	0,61	0,73	0,65	0,49	3,29	2,32
C1 T(30-40m) M.D.	15	26	14	2	-	-	43	8	69	4	6	13

Tabla 76. Composición mineralógica en muestra total y mineralogía de arcillas con sus parámetros estadísticos.

Las variabilidades se aprecian en los contenidos de MgO, Na₂O, CaO y óxidos de hierro. Para el MgO, la muestra A10 es la que alcanza el máximo (1,35%) con valores intermedios en el resto y mínimo en A3 (0,43%). Para la concentración de Na₂O, la dispersión es más grande con una desviación estándar de 4,58%; con valores mínimos en A3 y A4 y máximo muy elevado en A7 con un 20,31%.

La presencia de CaO en Ainsa es $7,38 \pm 3,32\%$, excepto en las tomas A7 y A10 de pequeña concentración.

Los óxidos de hierro ($3,43 \pm 1,16\%$) siendo excepciones a esta afirmación las tomas A3 con 6,09% y las A2 y A5, que superan el 4%. Merece especial atención que en todas las muestras, la concentración de hierro cristalino es superior a la de hierro amorfo, mientras que para el MnO la situación es inversa, siendo superior la concentración de manganeso amorfo sobre el cristalino. Hay que destacar también, un coeficiente de variación más alto para el manganeso amorfo (1,25%) y cristalino (1,26%) que para el hierro amorfo (0,63%) y cristalino (0,94%). En el manganeso amorfo las muestras A10 y A7 llegan a

alcanzar un 4,26% y un 3,61%, respectivamente. En el caso del manganeso cristalino sólo sobresale la muestra A6 con un 2,20%.

MUESTRAS	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Ti O ₂ %	MnO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
A3 T(55-65m) M.I.	6,09	9,40	0,43	6,80	1,47	0,12	0,08	17,27	58,34
A7 T(55-65m) S.R.	2,50	0,30	0,59	20,31	1,49	0,11	0,03	18,14	56,53
A5 T(15-18m) M.I.	4,09	9,32	0,59	12,54	1,71	0,15	0,07	16,71	54,82
A1 T(4-6m) M.I.	3,90	9,37	0,66	11,75	1,88	0,15	0,04	17,19	55,06
A9 Llan. Inundación	2,34	8,90	0,85	9,35	1,40	0,12	0,01	15,33	61,71
A6 Barra Actual	2,68	10,15	0,53	15,19	1,23	0,16	0,01	17,53	52,52
A8 T(8-12m) M.D.	2,20	9,22	0,73	15,29	1,33	0,10	0,02	17,53	53,58
A10 T(20-23m) S.R.	3,40	2,15	1,35	18,05	1,65	0,08	0,03	16,22	57,03
A2 T(55-65m) M.D.	4,85	7,50	0,49	11,72	1,82	0,15	0,10	16,10	57,27
A4 Cono +10m. M.D.	2,37	9,45	0,68	6,94	1,65	0,11	0,04	15,62	63,14
A11 Cono +10m. S.R.	3,36	5,46	0,87	7,49	1,22	0,15	0,01	17,14	64,30
Desviación Estandar	1,16	3,32	0,25	4,53	0,22	0,02	0,03	0,88	3,88
Media Aritmética	3,43	7,38	0,70	12,31	1,53	0,12	0,04	16,79	57,66
Coefficiente Variación	0,33	0,44	0,35	0,36	0,14	0,16	0,75	0,05	0,06
C1 T(30-40m) M.D.	6,72	1,63	0,43	14,31	2,08	0,22	0,11	17,06	57,38

Tabla 77. Composición química de elementos mayoritarios y sus parámetros estadísticos.

Todos los aluvionamientos y conjuntos edáficos de este perfil ofrecen contenidos de hierro normales, de acuerdo con las características petrográficas de la cuenca del río Ara: valores por debajo de 7%. Desde el punto de vista cronológico, se advierte que los valores más bajos corresponden con las terrazas más modernas (Fig.158) y con los aluvionamientos actuales; también los conos situados a +8-12 m. (A4 y A11) mantienen porcentajes muy similares, cercanos (A5 = 4.09%) o por debajo de 4%. Sin embargo, este umbral es rebasado por las terrazas superiores a +20-23 m., dándose la circunstancia, que la misma terraza +55-65 m. (Fig.158) presenta valores algo diferentes en una y otra margen (A2 = 4,85% y A3 = 6,09%). El suelo que se apoya sobre esta terraza contiene un porcentaje discretos de hierro total (A7 = 2,50%). Igualmente, llama la atención el elevado porcentaje de hierro total que ofrece la terraza del Cinca (T+30-40 m.;C1) con 6,72%, quedando explicado porque está vinculada al aporte de masas importantes de material granítico.

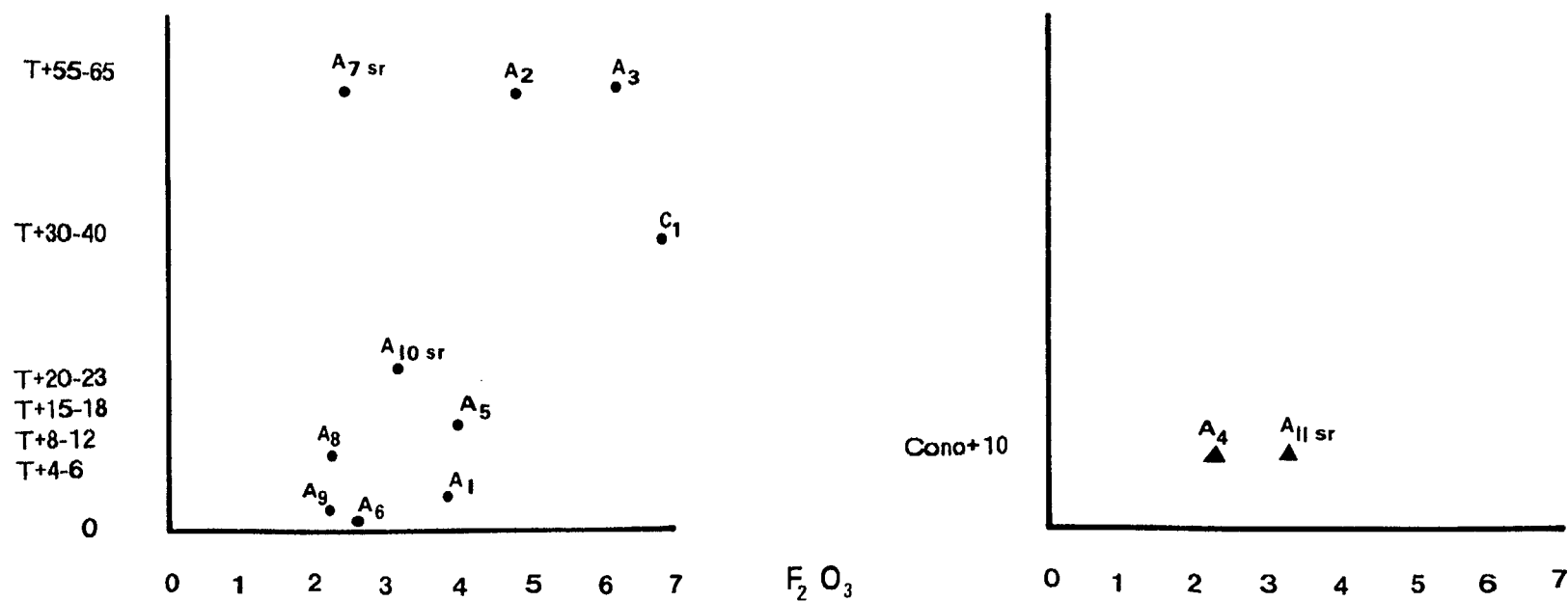


FIG. 158. VARIACION DEL CONTENIDO DE HIERRO TOTAL EN FUNCION DE LA ANTIGUEDAD DE LAS TERRAZAS Y LOS CONOS.

MUESTRAS	Fe am.	Mn am.	Fe cr.	Mn cr.
	0,01%	0,01%	0,1%	0,1%
A3 T(55-65m) M.I.	6	0,00	70	0,00
A7 T(55-65m) S.R.	8	3,61	14	0,39
A5 T(15-18m) M.I.	11	0,00	94	0,00
A1 T(4-6m) M.I.	14	1,29	44	1,29
A9 Llan.Inundación	35	0,51	3	0,64
A6 Barra Actual	7	0,90	14	2,20
A8 T(8-12m) M.D.	11	0,91	7	0,63
A10 T(20-23m) S.R.	20	4,26	22	0,88
A2 T(55-65m) M.D.	10	0,00	43	0,00
A4 Cono +10m.M.D.	13	0,00	106	0,00
A11 Cono +10m. S.R.	13	2,74	24	0,63
Desviación estandar	9	1,62	37	0,67
Media Aritmética	13	1,29	40	0,53
Coeficiente Variación	0,63	1,25	0,94	1,26
C1 T(30-40m) M.D.	14	0,00	163	0,00

Tabla 78 . Composición química de hierro y manganeso amorfo y cristalino.

MUESTRAS	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	Zr
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
A3 T(55-65m) M.I.	<5	12	130	<1	<5	5,5
A7 T(55-65m) S.R.	10	19	480	8	<5	5,5
A5 T(15-18m) M.I.	<5	11	172	<1	<5	7
A1 T(4-6m) M.I.	<5	14	176	<1	<5	7
A9 Llan.Inundación	6	16	307	9	3	15
A6 Barra Actual	<5	10	208	6	<5	8
A8 T(8-12m) M.D.	8	15	315	8	3	7
A10 T(20-23m) S.R.	<5	18	513	9	5	12
A2 T(55-65m) M.D.	<5	18	183	<1	<5	12
A4 Cono +10m. M.D.	<5	16	161	<1	<5	6,6
A11 Cono +10m. S.R.	8	19	442	9	5	11,5
Desviación Estandar	2	3	144	4	0	3,3
Media Aritmética	6	15	281	5	5	8,6
Coeficiente Variación	0,34	0,21	0,51	0,8	0,05	0,38
C1 T(30-40m) M.D.	<5	21	176	<1	<5	11,5

Tabla 79. Composición química de oligoelementos y sus parámetros estadísticos.

Por último, hay que comentar la aparición de los elementos minoritarios, así, en el caso del plomo (6 ± 2 ppm), sólo la A7

alcanza 10 ppm y los contenidos de cromo y níquel son bajos en todas ellas. Para el circonio $8,6 \pm 3,3$ ppm (Tabla 79) merece destacar los valores superiores ó iguales a 12 ppm en las muestras A2, A9, A10, A11. La concentración de cobre 15 ± 3 ppm es superior en todos los casos a 10 ppm, llegando a doblarse en A2, A7, A10, y A11.

El mayor coeficiente de variación (0,51%) y alta concentración lo presenta el cinc $281\% \pm 144$, en el que el mínimo (130ppm) lo representa la muestra A3 y los máximos se encuentran en A7, A10, A11.

9. APORTES LATERALES ASOCIADOS A BARRANCOS.

La zona de Broto, cercana al contexto de las morrenas terminales würmienses, se caracteriza por la ausencia de aterrazamientos antiguos. Sin embargo, aparecen una serie de abanicos aluviales ubicados en la desembocadura de emisarios afluentes del Ara, como el barranco de Chaté y el barranco de Sorrosal. No obstante, estos abanicos aluviales son muy recientes no sólo por su posición en el fondo del valle sino porque, también, presentan numerosas barras con distinto grado de colonización vegetal, incluso, algunas de ellas, aún no tienen ningún tipo de vegetación.

Dado que buena parte de los aluviones, que se instalan en el valle del río Ara, proceden de la descarga detrítica de estos emisarios se considera necesario caracterizar sus efectos sedimentológicos en los barrancos más importantes de este tramo.

El factor común de estos aportes laterales es su homogeneidad litológica -areniscas y calizas- y donde lógicamente no existen granitos, dado que en la cabecera de estos barrancos no aparece ningún tipo de material morrénico, o afloramientos que puedan aportar este tipo de litología.

BARRANCO DE SORROSAL

Es un barranco que se caracteriza por el transporte torrencial de materiales de no excesivo tamaño. El histograma granulométrico en su conjunto (Fig.159), es muy corto debido a que no transporta elementos de talla superior a 40 cm. La mediana es 15 cm. y el máximo principal se ubica en 12-16 cm; el centilo es de 89 cm. en arenisca y el porcentaje de material superior a 24 cm. (bloques pequeños) es de 12.

En estas circunstancias, y dada las características de fuerte pendiente longitudinal que presenta el barranco de Sorrosal se puede

decir que la capacidad y la competencia del medio torrencial, siendo acusadas, no se corresponden con una de las más significativas en este valle.

La composición litológica de este material (Fig.159) depende fundamentalmente de la influencia de su cuenca vertiente y está compuesta por 80% de areniscas y 20% de calizas.

Los análisis de desgaste (Fig.160) muestran valores muy bajos con un histograma de corto desarrollo longitudinal y una mediana baja 135; un elevado porcentaje de cantos con desgaste nulo inferior a 100 y un porcentaje muy moderado de cantos con desgaste superior a 250 (12%). Por encima de 500 no se encuentra ningún elemento. Ello sugiere el importante aporte, que procedente de las laderas, se integra en el fondo del valle; allí un funcionamiento incompleto de los arrastres de este barranco, a pesar de la pendiente longitudinales en sus tramos de cabecera y segmento medio, no logran modificar de modo notable las aristas de los materiales detríticos gruesos.

Respecto al aplanamiento no se logran borrar las influencias texturales, el porcentaje de cantos con aspecto esferoidal es muy escaso, 8%, y por el contrario son muy numerosos los cantos que presentan un fuerte aplanamiento, es decir, superior a 2.5, con un 62% (Fig.161).

BARRANCO DE CHATÉ

Desde el punto de vista granulométrico, los aluviones de este barranco ofrecen unas características muy semejantes al de Sorrosal. El histograma (Fig.159) finaliza en el mismo intervalo (24-40 cm.). La mediana es de 11 cm., el centilo de 72 cm. en arenisca y el porcentaje de cantos superior a 24 cm. es tan sólo de 2, disminuyendo por tanto respecto al barranco de Sorrosal.

La composición litológica (Fig.159) también es parecida, únicamente las calizas reducen su porcentaje a un 12% siendo las areniscas el material predominante con un 88%.

El histograma de desgaste (Fig.160) parece reflejar unas condiciones algo más atenuadas en lo que respecta a la alimentación detrítica de las laderas, lo que se traduce en un aspecto mas rodado del material. La mediana se sitúa en 183 y lógicamente desciende el porcentaje de elementos con nulo desgaste 18%, incrementándose de esta manera hasta 28 el porcentaje de cantos con desgastes superiores a 250.

El histograma de aplanamiento (Fig.161) se caracteriza por tener una base muy desarrollada y una gran cantidad de máximos. La mediana se sitúa en 2.31 siendo escasísimos (2%) los cantos con aplanamientos inferiores a 150. Por el contrario, el material con índices superiores a 2.5 es del 52%. Todo ello indica que los procesos de rodaje no han sido suficientes como para eliminar las características texturales de la litología caliza.

BARRANCO DE GUARGA-CAJOL.

De nuevo, su clasificación granulométrica ofrece idénticas características a los barrancos anteriormente analizados aguas arriba. Presenta un sólo máximo ubicándose en el umbral de 8-12 cm. (Fig.159). La mediana es también semejante 13.5 cm. mientras que el centilo aumenta hasta 110 cm. aunque sigue dándose en litología areniscosa. El porcentaje de bloques pequeños (tamaño superior a 24 cm.) representa el 10% de la carga.

La litología de estos barrancos (Fig.159) es toda muy parecida y, como se viene confirmando, domina ampliamente la arenisca frente a los materiales calizos. En este caso existe un 91% de areniscas frente a un 9% de calizas.

Respecto al histograma de desgaste (Fig.160) vuelven a aparecer elementos con un mínimo desgaste (30%). No obstante, algunos accionamientos del barranco han conseguido desgastar el material por encima de los 250 (18%), no existiendo ningún elementos con desgaste superior a 500.

Los aplanamientos siguen siendo muy similares a los barrancos de Sorrosal y Chaté. La mediana es de 2.2. Los materiales poco aplanados aumentan algo su presencia (10%), provocando consecuentemente la disminución de los elementos muy aplanados (48%) (Fig.161).

9.1. CONSIDERACIONES Y SÍNTESIS MORFOLÓGICA Y SEDIMENTOLÓGICA DE LOS (PRINCIPALES) BARRANCOS.

Para los tres barrancos estudiados pertenecientes a la cuenca del río Ara, hemos de decir que se comportan de un modo muy similar, a pesar de estar elegidos en distintos márgenes del cauce y tramos del valle.

Granulométricamente las medianas son elevadas 15, 11, y 13.5 para Sorrosal, Chaté y Guarga-Cajol respectivamente (Tabla 80) como corresponde a un material arrastrado torrencialmente. Los centilos son moderadamente altos (entre 110 y 89) y siempre en arenisca. Únicamente se observa alguna diferencia respecto al porcentaje de bloques superior a 24 cm. que en caso del Barranco. de Chaté es muy escaso (2%).

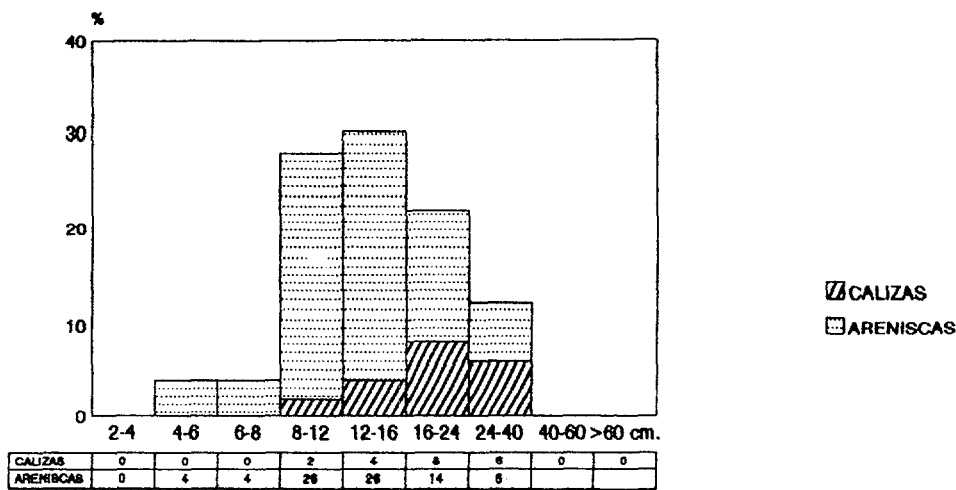
Respecto a la litología, lógicamente no hay granitos, ya que en las cabeceras y zonas por las que discurren estos Barrancos no aflora este tipo de material. Por el contrario la arenisca vuelve a ser el material predominante y en proporciones muy parecidas en los tres (80, 88, 91). La caliza, en porcentaje mucho más moderado, disminuye a medida que el cauce va acercándose a las zonas altimétricamente más bajas.

Desde el punto de vista morfométrico, tanto el desgaste como el aplanamiento de los tres barrancos es prácticamente idéntico. No existe ningún canto con desgaste superior a 500 y con aplanamientos muy acusados (superiores a 2,5 la media de los tres depósitos es de 54). Lógicamente estos índices reflejan un transporte incompleto del material, debido a la cercanía de los afloramientos del flysch, fuente de sedimentos, y a unos arrastres poco continuos de la corriente.

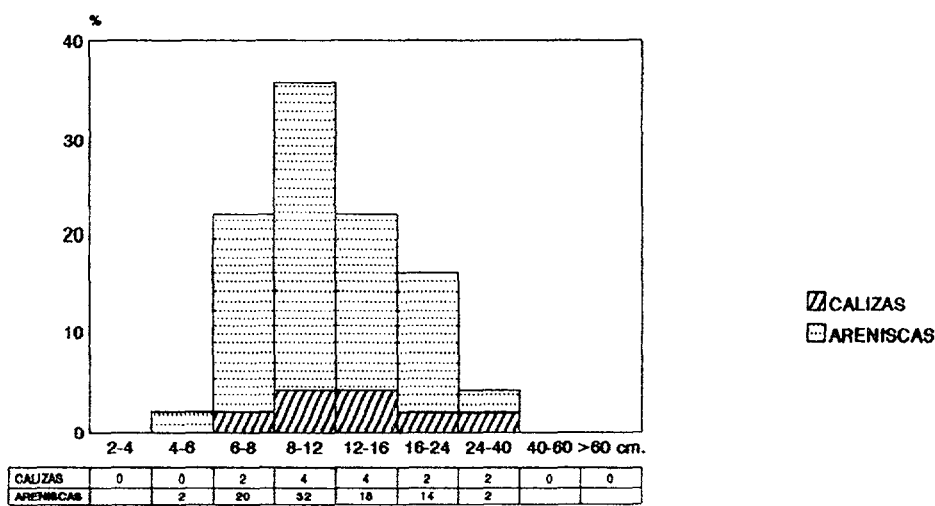
	Bco. Sorrosal	Bco. Chaté	Bco. Guarga
GRANULO.			
Md cm.	15	11	13,5
Centilo cm.	89 (Ar)	72 (Ar)	110 (Ar)
% >24	12	2	10
LITOLOGÍA			
% Granito	-	-	-
% Arenisca	80	88	91
% Caliza	20	12	9
DESGASTE			
Md	135	183	138
% < 100	26	18	30
% > 250	12	28	18
% > 500	-	-	-
APLANAMIE.			
Md	2,47	2,31	2,2
% < 1.5	8	2	10
% > 2.5	62	52	48

Tabla 80. Índices granulométricos, litológicos y morfométricos.

Barranco de Sorrosal



Barranco de Chaté



Barranco de Guarga-Cajol

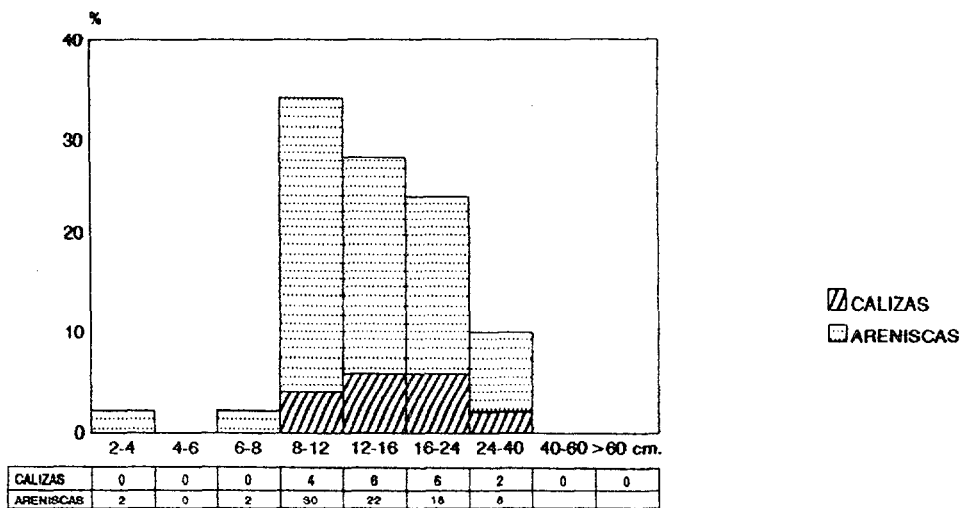


FIG.159.HISTOGRAMAS LITOLOGICOS Y GRANULOMETRICOS.

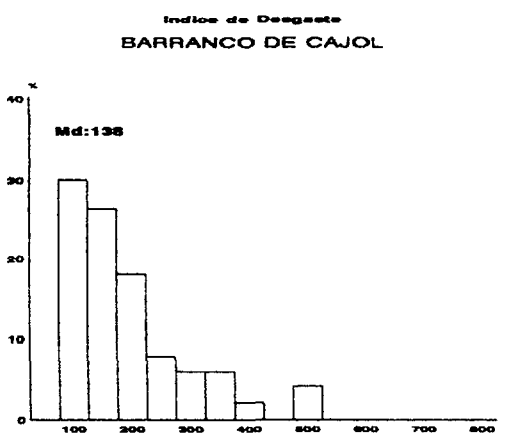
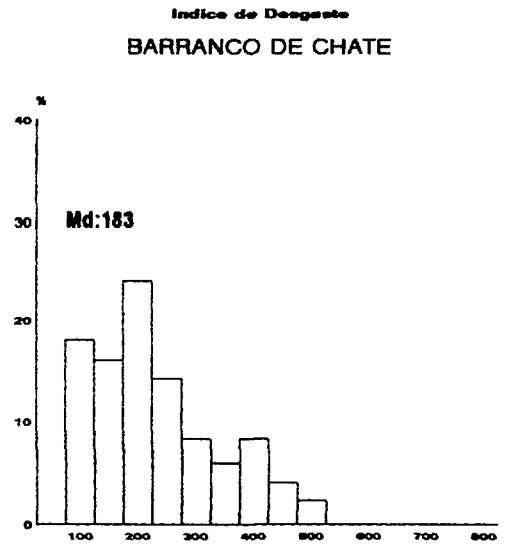
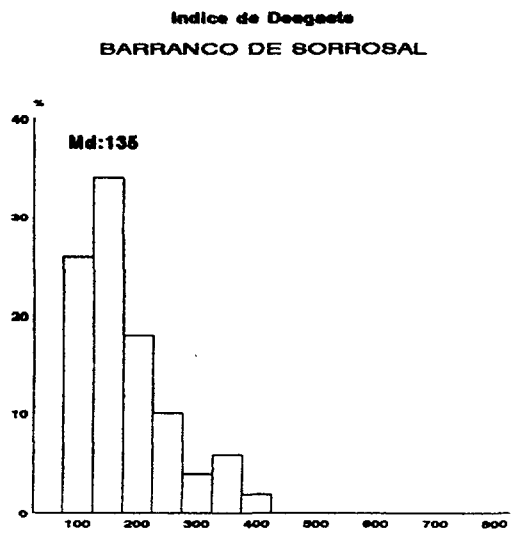


FIG.160. HISTOGRAMAS DE DESGASTE

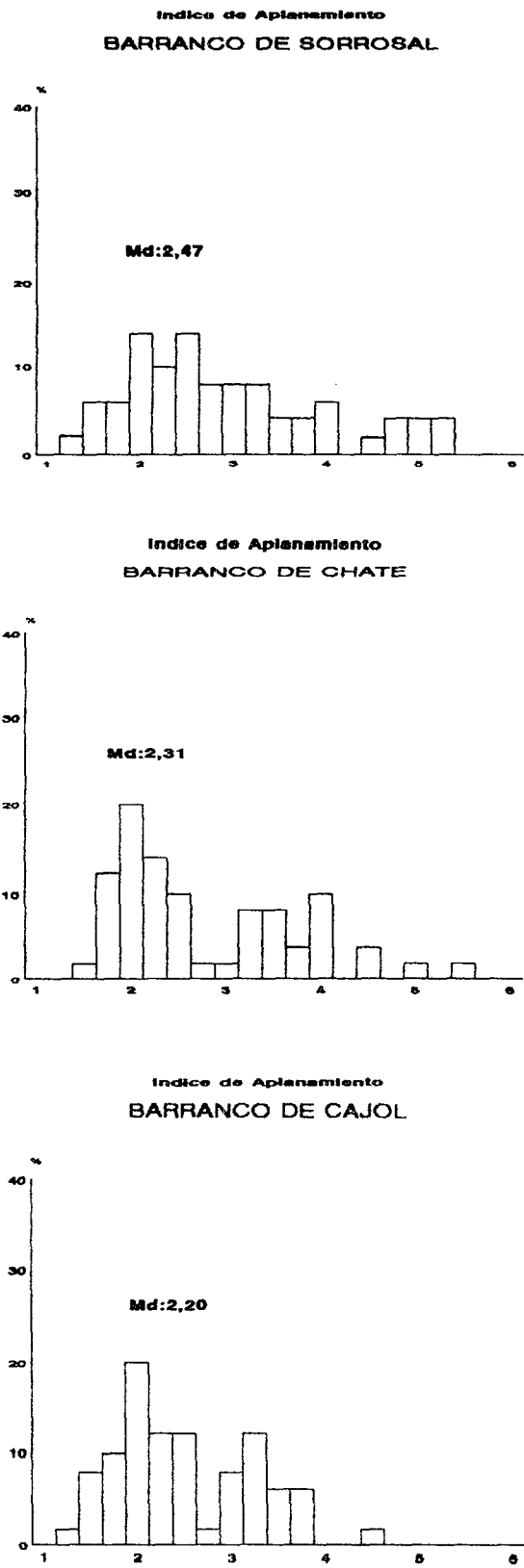


FIG.161 HISTOGRAMAS DE APLANAMIENTO.

10. ANALISIS DE LOS SEDIMENTOS ACTUALES COMO MARCO DE REFERENCIA DEL ESTUDIO DE LAS FORMAS ALUVIALES CUATERNARIAS.

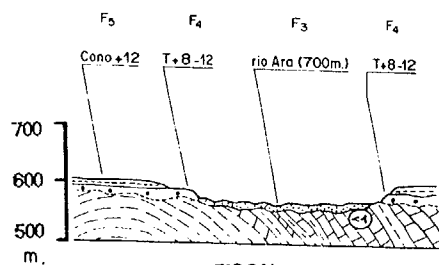
En el siguiente apartado hemos seleccionado un conjunto de siete barras fluviales y cuatro llanuras de inundación distribuidas a lo largo del río Ara (Fig.162). Con ello pretendemos determinar los procesos que afectan a los sedimentos actuales del río Ara y obtener una visión de conjunto sobre su comportamiento hidrológico. El análisis sedimentológico específico de cada una de las muestras ya se ha desarrollado, anteriormente, en los perfiles correspondientes, por lo que únicamente haremos un comentario global.

En primer lugar, la torrencialidad del río Ara, queda plasmada en las características granulométricas y morfométricas de los cantos (Tabla 81): elevada talla, con presencia frecuente de bloques y medianas de desgaste y aplanamiento altas; se trata por tanto de un tipo de material que señala una dinámica energética. Por otro lado, la existencia reiterada de histogramas bi/polimodales tanto en lo que se refiere a los aspectos granulométricos como morfométricos, indican la convivencia de dos tipos de materiales de procedencia diferente: uno, longitudinal, mucho más desgastado, y otro lateral, con valores de desgaste y aplanamiento muy bajos. Litológicamente, es interesante señalar el fenómeno de sustitución de carga aluvial que se produce entre aguas arriba y el sector próximo a la desembocadura (Fig 163 y 164).

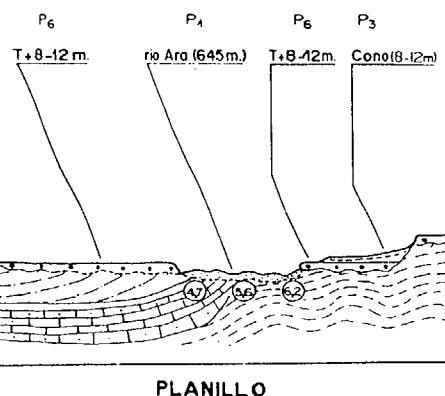
En cuanto a la fracción arenosa, el comportamiento hidrodinámico responsable de la formación de las diversas barras y llanuras aluviales, presenta importantes diferencias, lo que se traduce en una serie de parámetros sedimentológicos netamente contrastados. Las llanuras de inundación (excepto la muestra A9, que ha sufrido remociones postdeposicionales), presentan curvas hiperbólicas ligeramente tendidas, lo que indica que su deposición se produjo por exceso de carga, predominando la decantación sobre el lavado. Las fluctuaciones de la velocidad de la corriente, durante la

1100
1000
900
800
700
600
500
m

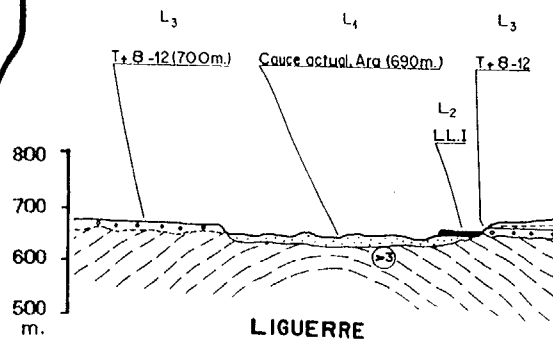
BROTO



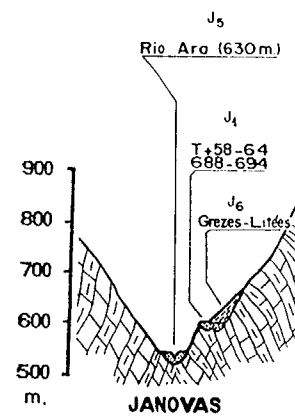
FISCAL



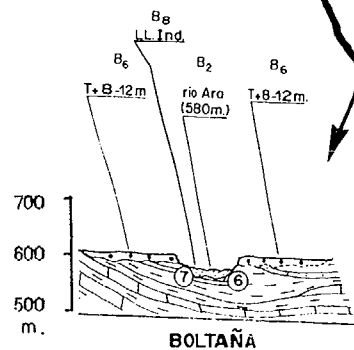
PLANILLO



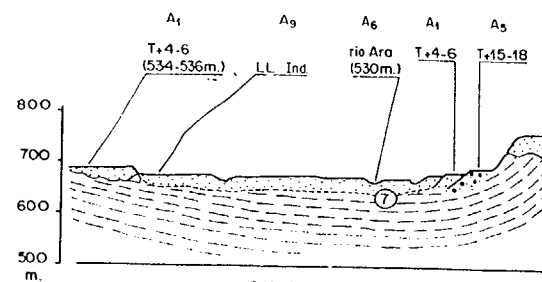
LIGUERRE



JANOVAS



BOLTAÑA



AINSA

Fig. 162 . Cortes geomorfológicos y puntos de muestreo en los depósitos actuales del rio Ara.

Espesor de los sedimentos (datos de sondeo cedidos por Iberdrola)



	B. ACTUAL Br1	B. ACTUAL F3	B. ACTUAL L1	B. ACTUAL P1	B. ACTUAL J5	B. ACTUAL B2	B. ACTUAL A6
GRANULO.							
Md. cm.	9	12	12	12	10	9	10
Centilo cm.	34 (Ar)	30 (Ar)	70 (Ar)	65 (Ar)	80 (Ar)	90 (Ca)	54 (Ar)
% > 24	1	1	7	5	10	18	19
LITOLOGÍA							
% Granito	2	2	2	1	2	2	3
% Arenisca	85	81	48	49	43	9	15
% Caliza	13	17	50	50	54	89	82
% Conglom.	-	-	-	-	1	-	-
DESGASTE							
Md. cm.	240	250	192	300	225	369	230
% < 100	-	2	8	2	4	-	4
% > 250	48	50	38	58	52	86	42
% > 500	6	2	6	8	8	12	12
APLANAM.							
Md. cm.	2,46	2,54	2,08	2,17	2	2,08	2,25
% < 1.5	10	-	18	12	4	2	18
% > 2.5	60	40	38	46	50	42	50

Tabla 81 INDICES GRANULOMETRICOS Y MORFOMETRICOS DE LAS BARRAS ACTUALES .

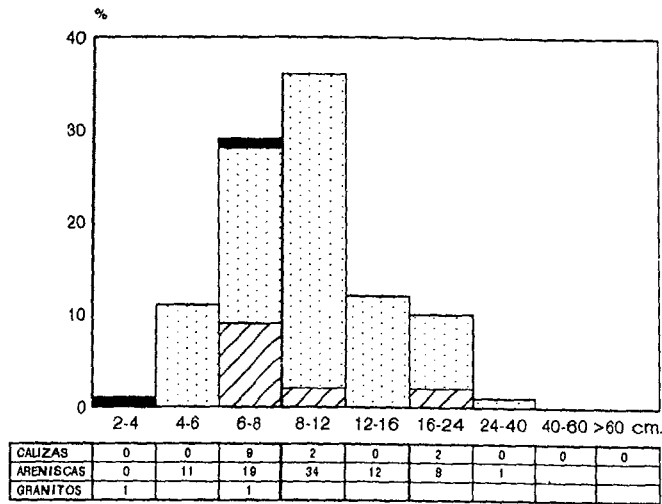
Muestra	Textura %			Parametros de la Fase Arenosa					
	Arenas Finas	Arenas Medias	Arenas Gruesas	Q50 (1)	Mz (1)	OI (2)	So (2)	SK (2)	Kg (2)
BR1	12,28	81,83	5,85	380	416	0,82	1,53	0,075	0,94
BR3	51,1	30,2	18,4	196	179	1,31	1,76	-0,49	0,91
F3	6,23	77,12	16,61	455	568	0,88	1,81	-0,02	0,95
L1	36,45	54,06	9,45	263	284	1,08	1,8	-0,13	0,58
L2	19,06	72,27	8,48	323	334	0,9	1,5	-0,08	0,97
P1	50,52	45,31	4,12	196	191	1,07	1,34	0,01	1,12
J5	0,01	64,99	34,98	698	713	0,49	2,26	-0,09	1,03
B2	0,23	19,08	80,69	1160	1100	0,53	0,6	0,25	0,92
B8	61,36	36,55	3,07	180	194	0,83	1,23	-0,15	1,27
A6	33,16	56,64	10,16	282	294	1,17	1,59	-0,025	1,03
A9	31,58	43,34	25,05	410	370	1,54	2,89	0,21	0,75

Tabla 82 . ANALISIS SEDIMENTOLOGICO DE LA FRACCION FINA

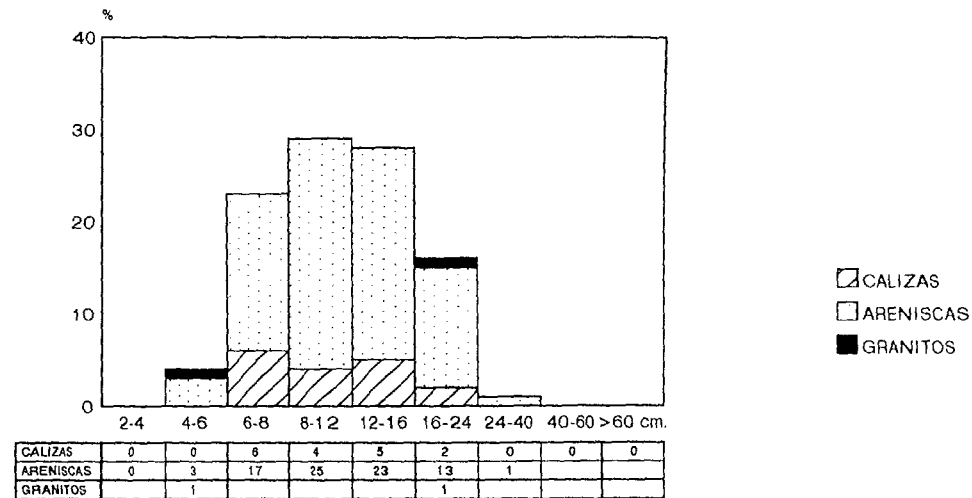
(1) Unidades expresadas en micras.

(2) Unidades expresadas en phi.

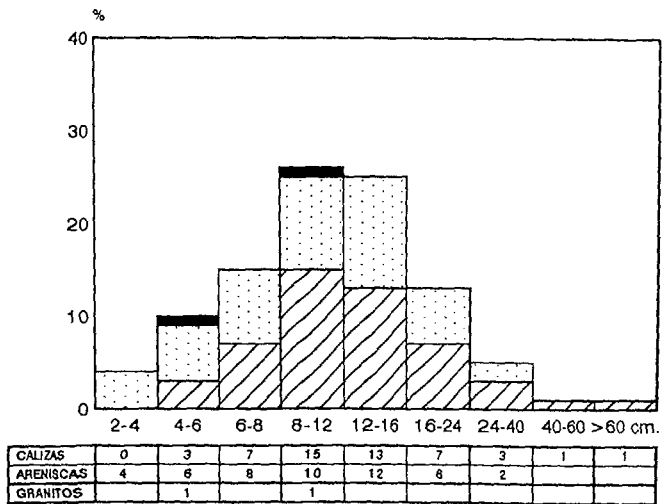
Br1 Barra Actual



F3 Barra Actual



L1 Barra Actual.



P1 Barra actual.

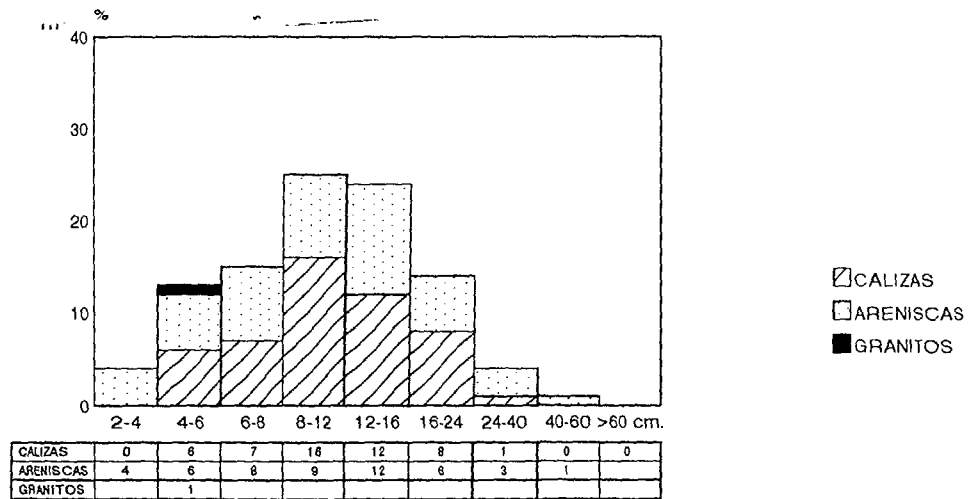
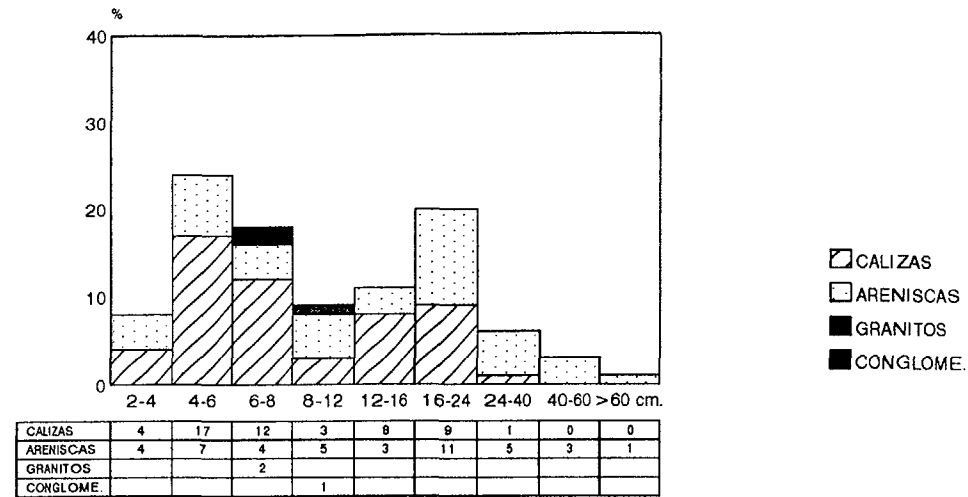
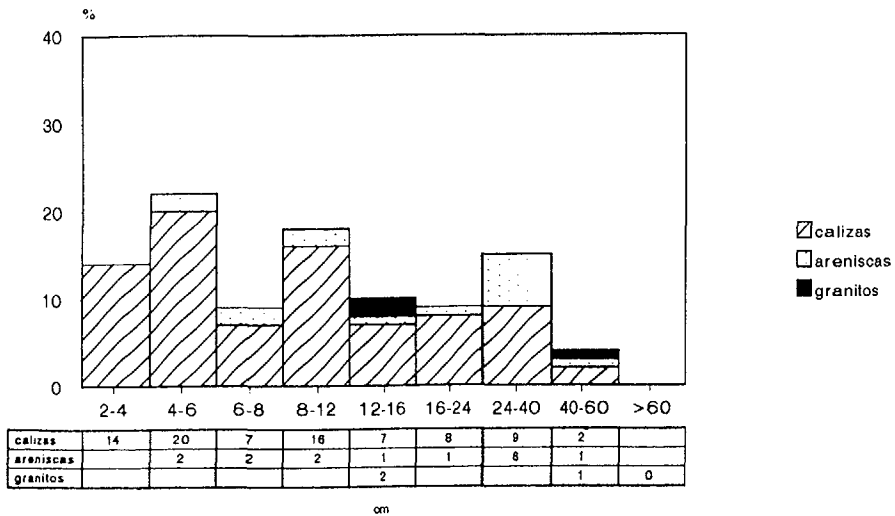


FIG.163. Histogramas granulométricos y litológicos de las barras actuales del río Ara.

J5 barra actual



A6 barra actual



B2 barra actual

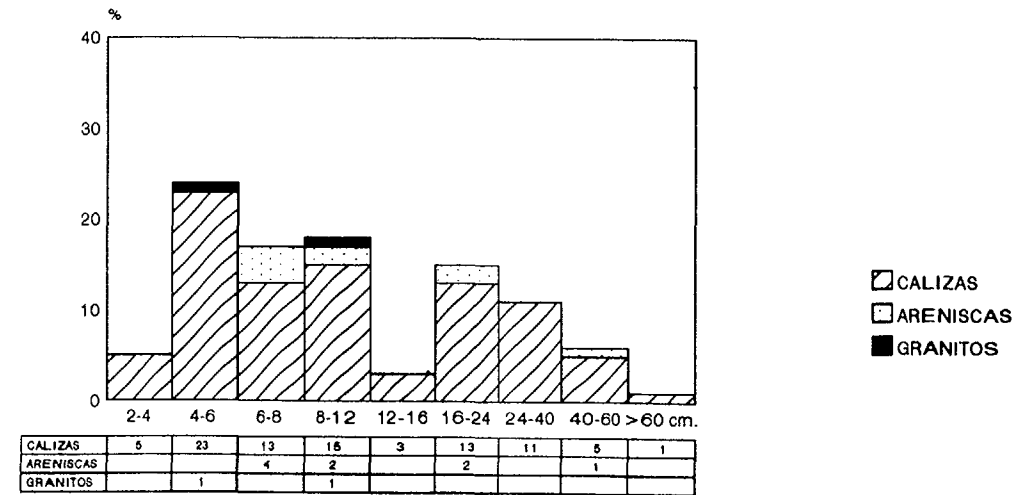


Fig.164 . Histogramas granulométricos y litológicos de las barras actuales del río Ara.

deposición han sido escasas y, cuando se han producido, ha sido hacia valores más bajos de lo normal (Figs. 165, 166 y 167).

Las clasificaciones son buenas, moderadas y no se han producido remociones postdeposicionales, ni lavado de finos (Tabla 82). Los aportes laterales han sido escasos, lo que permite afirmar que estamos ante un material relativamente evolucionado que ha sufrido un transporte relativamente completo.

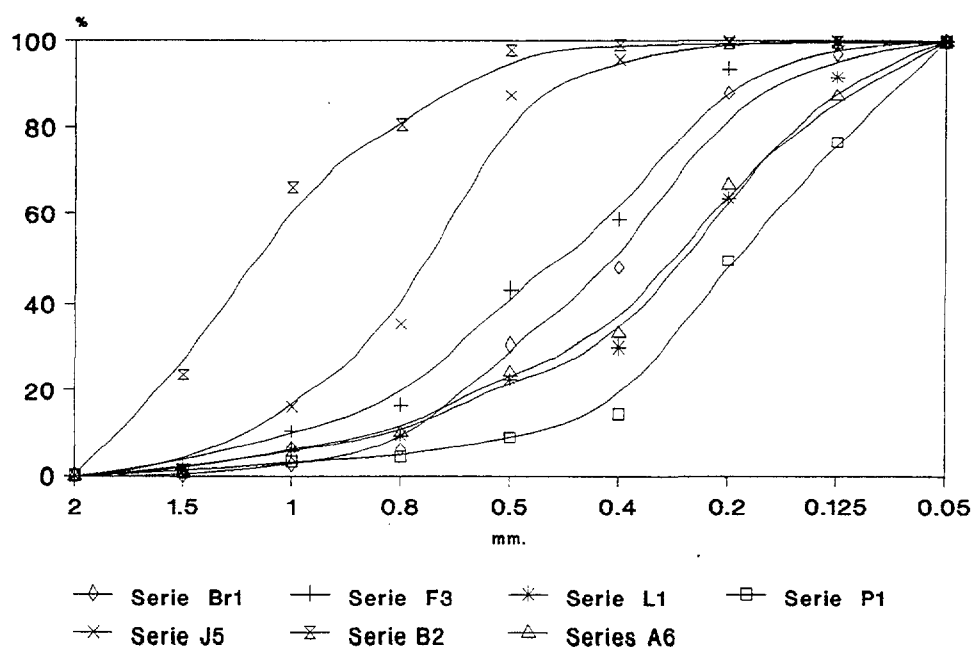
El comportamiento de las barras es bastante más complejo, ya que en una misma barra se observan distintos microambientes que reflejan las oscilaciones de la lámina de agua en cada punto, así como las fluctuaciones micromorfológicas del cauce y las oscilaciones de la geometría de los diversos brazos que configuran el cauce.

En todos los casos, estamos ante un material heterométrico desigualmente evolucionado. Existen tres grupos de curvas de características diferentes:

I. Curvas parabólicas que atestiguan condiciones hidrodinámicas elevadas, sedimentación forzada, predominando el lavado sobre la decantación y transporte incompleto. Los histogramas son polimodales, la clasificación moderada y la asimetría positiva, lo que sugiere que la fracción fina está peor clasificada que la gruesa.

II. Curvas hiperbólicas de tipo sigmoidal sumamente tendidas. Su deposición se produce en condiciones similares a las descritas anteriormente, de ahí que los histogramas granulométricos sean bimodales/trimodales; la clasificación es moderadamente pobre y la asimetría negativa (mejor clasificación de la fracción gruesa). Es un sedimento semievolucionado que ha sufrido un transporte incompleto, predominando el lavado sobre la decantación (déficit de finos).

Ello induce a pensar que la escasa proporción de finos que las barras presentan en superficie, es debido a que dichos sedimentos han continuado su transporte hacia aguas abajo y que, además, por su



DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LAS BARRAS ACTUALES DEL RIO ARA

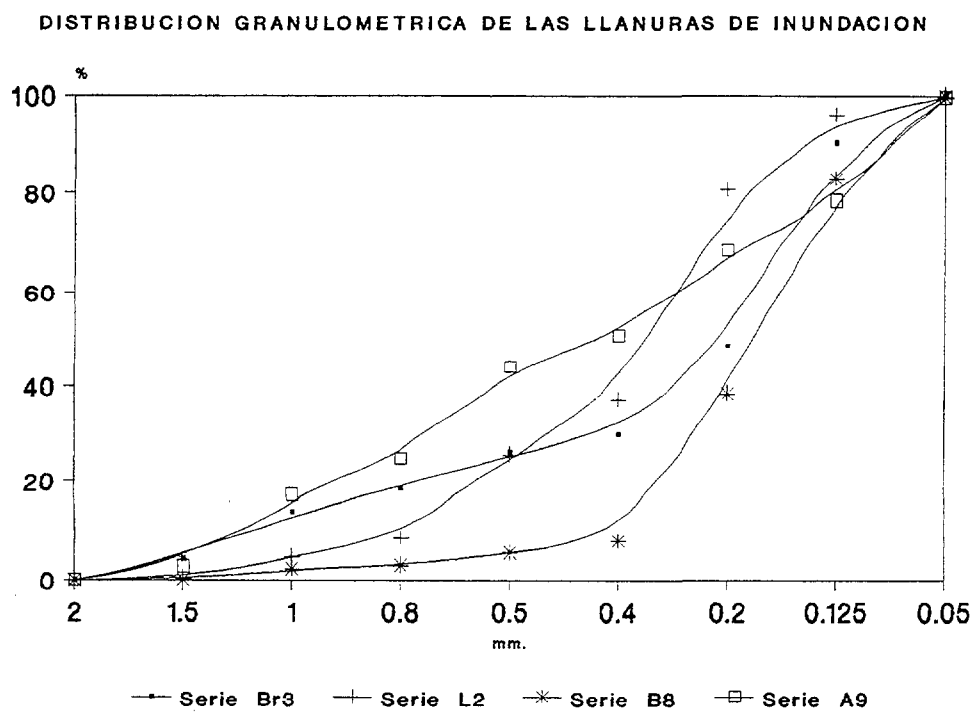


Fig.165 Distribución granulométrica de las arenas

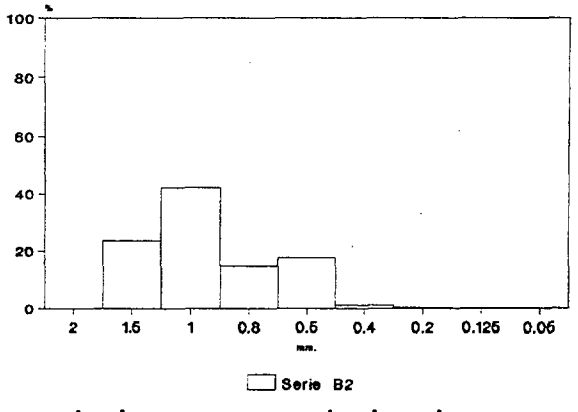
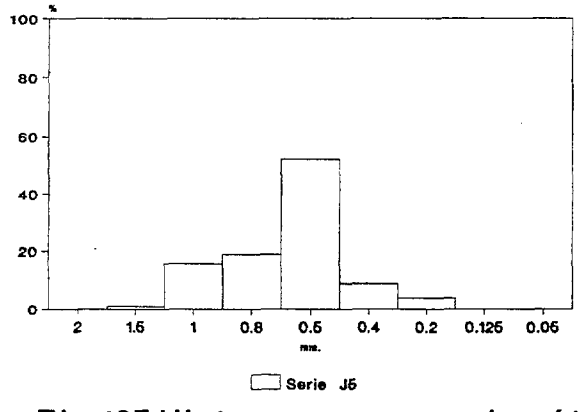
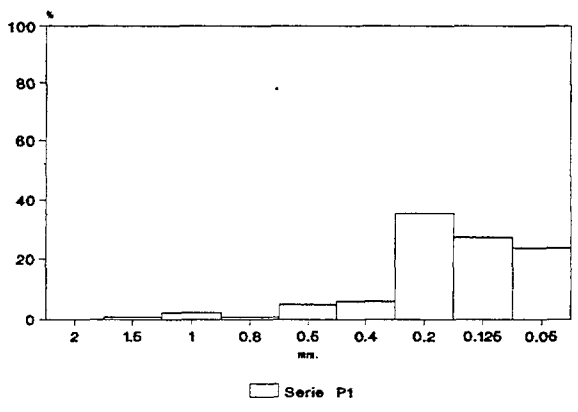
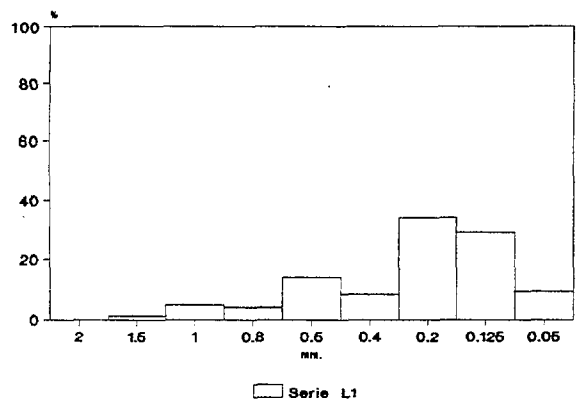
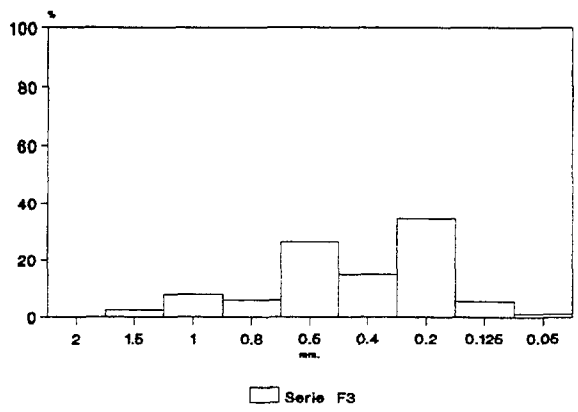
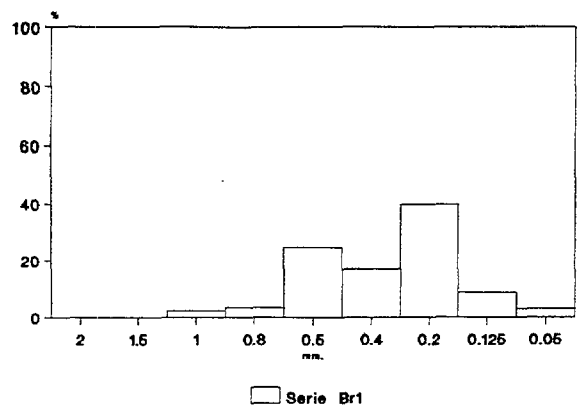


Fig.167.Histogramas granulométricos de las arenas de las barras

propio calibre percolan entre los cantos y las gravas , ayudando a la formación de la capa de "armuring"; al igual que ocurre también en ambientes hidrológicos distintos como las ramblas (SANJAUME et al, 1985).

III. Curvas hiperbólicas tendidas, con material arenoso poco o nada clasificado lo cual denota una sedimentación forzada y un transporte incompleto. Su depósito se produce una vez formada la barra, funcionando las acumulaciones detríticas como trampas de sedimento (suele coincidir con el inicio de la disminución del caudal). No han sufrido remociones postdeposicionales, ni lavado de finos.

Son frecuentes las mezclas de subpoblaciones procedentes de aportes laterales fluvio-torrenciales o de remociones de antiguas acumulaciones fluviales, torrenciales o de ladera.

En definitiva, creemos que la deposición de la fracción arenosa se produjo durante una etapa de baja energía, infiltrándose en los espacios intersticiales de los cantos. Probablemente, las variaciones del tamaño del grano es debido a las modificaciones en los cuerpos sedimentarios.

Las llanuras aluviales son el resultado de las variaciones del caudal en momentos de baja energía que favorecen la formación de enclaves poco agitados donde predomina la decantación. En ocasiones, al incrementarse la energía, se produce un lavado de finos que altera las características originales del depósito.

esm	clo	sep	pb	cu	zn	cr	ni	zr	fe	ca	mg	na	k	ti	mn	al	si
-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----

TABLA 83. MATRIZ DE CORRELACION

000																				
303	1.000																			
342	-0.023	1.000																		
328	0.310	-0.012	1.000																	
167	0.094	-0.239	-0.247	1.000																
110	0.300	-0.148	0.485	0.235	1.000															
311	0.050	-0.313	-0.183	0.566	0.320	1.000														
201	0.210	-0.285	-0.228	0.802	0.298	0.791	1.000													
222	0.149	-0.220	-0.213	0.706	0.344	0.715	0.893	1.000												
120	0.296	-0.189	0.373	-0.086	0.150	-0.104	-0.128	-0.118	1.000											
019	-0.092	0.286	0.230	-0.367	0.269	-0.108	-0.287	-0.173	0.221	1.000										
218	0.089	0.177	-0.221	-0.061	-0.336	-0.413	-0.112	-0.084	-0.075	-0.366	1.000									
250	-0.010	-0.169	-0.186	0.306	0.213	0.689	0.407	0.473	-0.018	0.087	-0.405	1.000								
399	0.202	-0.225	0.090	0.202	0.219	0.414	0.267	0.170	-0.159	-0.121	-0.084	0.343	1.000							
075	-0.015	0.105	0.011	-0.277	0.081	-0.249	-0.295	-0.236	0.028	0.085	0.126	-0.148	-0.135	1.000						
184	0.081	-0.091	0.291	0.154	0.301	0.202	0.154	0.200	0.322	0.225	-0.029	0.231	0.330	-0.040	1.000					
167	-0.090	0.309	0.382	-0.547	0.044	-0.519	-0.602	-0.536	0.034	0.591	-0.196	-0.260	-0.116	0.168	-0.119	1.000				
593	0.216	0.117	0.040	0.046	0.195	0.138	0.154	0.194	-0.034	0.327	0.247	0.147	0.477	0.100	0.455	0.135	1.000			
502	0.245	0.030	0.077	-0.040	0.163	0.115	0.043	0.160	0.200	0.416	-0.022	0.212	0.201	0.054	0.416	0.216	0.768	1.000		

	ph	ce	carb	arc	lim	are	feam	mnam	fecr	mncr	cado	q	fk	pla	anf	hem	filo	kao	i
ph	1.000																		
ce	-0.128	1.000																	
carb	0.476	0.115	1.000																
arc	-0.304	-0.233	-0.442	1.000															
lim	-0.234	-0.049	-0.266	0.279	1.000														
are	0.340	0.196	0.457	-0.872	-0.713	1.000													
feam	-0.192	-0.134	-0.513	0.427	0.482	-0.560	1.000												
mnam	-0.361	-0.083	-0.346	0.513	0.412	-0.585	0.436	1.000											
fecr	-0.059	0.048	-0.242	-0.216	-0.026	0.172	0.208	-0.248	1.000										
mncr	-0.540	-0.042	-0.327	0.389	0.216	-0.395	0.316	0.567	-0.266	1.000									
cado	0.442	0.195	0.863	-0.509	-0.261	0.503	-0.424	-0.401	-0.069	-0.344	1.000								
q	-0.546	-0.019	-0.775	0.418	0.302	-0.459	0.450	0.365	0.108	0.379	-0.660	1.000							
fk	0.118	-0.117	-0.120	-0.089	-0.190	0.163	0.036	-0.165	0.128	-0.105	-0.061	-0.295	1.000						
pla	0.064	-0.142	0.053	0.128	0.106	-0.147	0.017	0.206	-0.201	0.077	-0.023	-0.180	-0.165	1.000					
anf	0.146	0.033	0.277	-0.289	-0.380	0.403	-0.138	-0.248	0.049	-0.166	0.454	-0.127	-0.105	-0.209	1.000				
hem	-0.088	-0.061	-0.444	0.268	-0.208	-0.089	0.208	-0.199	0.357	-0.207	-0.392	0.466	0.031	-0.239	0.019	1.000			
filo	-0.345	-0.170	-0.713	0.392	0.366	-0.472	0.344	0.372	0.115	0.261	-0.661	0.328	0.316	0.090	-0.484	0.125	1.000		
kao	-0.196	0.254	-0.188	0.057	-0.106	0.012	0.177	0.066	0.175	0.047	-0.078	0.174	-0.260	0.127	-0.035	0.166	0.153	1.000	
il	-0.082	-0.365	0.041	0.077	0.181	-0.149	0.070	0.121	-0.204	0.161	0.248	0.184	-0.040	0.073	0.159	-0.147	0.018	-0.248	1
esm	-0.087	0.148	-0.045	0.214	0.193	-0.255	0.011	0.142	-0.094	-0.074	-0.026	-0.108	0.148	0.318	-0.299	-0.074	0.291	0.143	-0
clo	0.239	0.823	0.153	-0.343	-0.166	0.333	-0.188	-0.186	0.201	-0.247	0.260	-0.072	-0.087	-0.134	0.137	0.037	-0.244	0.186	-0
sep	0.021	-0.041	-0.247	-0.034	0.061	-0.005	0.132	-0.076	0.413	-0.082	-0.194	0.020	0.486	-0.185	-0.055	0.284	0.271	-0.354	-0
pb	-0.269	-0.050	-0.011	0.294	0.270	-0.354	-0.035	0.499	-0.548	0.368	-0.199	0.241	-0.392	0.195	-0.217	-0.327	0.121	-0.058	0
cu	-0.232	-0.056	-0.480	0.460	0.259	-0.467	0.203	0.346	-0.024	0.366	-0.488	0.228	0.285	0.083	-0.350	0.109	0.645	-0.085	-0
zn	-0.399	-0.135	-0.404	0.455	0.494	-0.583	0.311	0.682	-0.424	0.549	-0.463	0.415	-0.082	0.120	-0.320	-0.289	0.465	-0.087	0
cr	-0.270	-0.084	-0.141	0.371	0.481	-0.516	0.064	0.594	-0.573	0.455	-0.282	0.239	-0.301	0.304	-0.305	-0.352	0.306	-0.036	0
ni	-0.243	-0.051	-0.152	0.420	0.457	-0.541	0.161	0.572	-0.460	0.478	-0.243	0.224	-0.342	0.323	-0.218	-0.297	0.360	0.050	0
zn	-0.113	-0.127	-0.109	0.125	0.115	-0.151	0.222	-0.007	0.077	-0.027	-0.083	0.008	0.253	-0.034	-0.098	0.136	0.143	-0.103	-0
re	-0.121	0.187	-0.537	0.176	-0.036	-0.108	0.267	0.028	0.409	0.026	-0.272	0.469	0.133	-0.186	0.222	0.502	0.218	0.180	0
ca	0.349	0.168	0.829	-0.431	-0.215	0.423	-0.467	-0.430	-0.158	-0.246	0.904	-0.655	-0.122	0.132	0.322	-0.399	-0.539	-0.056	0
mg	-0.262	-0.129	-0.393	0.377	0.259	-0.410	0.525	0.650	-0.213	0.671	-0.356	0.392	-0.053	0.083	-0.155	-0.229	0.402	0.124	0
na	-0.386	-0.137	-0.276	0.131	0.133	-0.163	0.125	0.324	-0.039	0.388	-0.109	0.223	0.291	0.028	-0.157	-0.212	0.354	-0.089	0
k	0.163	-0.062	0.021	-0.066	-0.086	0.093	-0.093	-0.162	0.173	-0.122	0.072	-0.157	0.002	0.556	-0.101	-0.005	-0.044	-0.107	0
ti	-0.295	-0.013	-0.262	-0.021	0.040	-0.006	0.222	0.097	0.245	0.311	-0.081	0.132	0.271	0.172	0.025	-0.102	0.360	0.120	0
mn	0.224	0.037	-0.252	-0.099	-0.273	0.213	0.061	-0.301	0.544	-0.336	-0.075	0.265	0.075	-0.244	0.223	0.690	-0.055	0.126	-0
al	-0.164	0.093	-0.177	0.036	0.196	-0.127	0.093	0.158	0.096	0.132	0.200	0.281	-0.023	0.171	0.124	0.001	0.268	0.146	0
si	-0.143	0.023	-0.311	0.164	0.267	-0.257	0.291	0.102	0.127	-0.027	0.025	0.386	0.040	0.115	-0.019	0.249	0.388	0.268	0

TABLA 84. COEFICIENTES DE CORRELACION MAS SIGNIFICATIVOS EXTRAIDOS DE LA MATRIZ

Mn am	Mn cr	Fe am	Fe cr	He m	Filo	pH	CO	Arc	Limo	Arena
Mn cr(0,567)***	Zn (0,549)***	Mg (0,525)***	Pb (-0,548)***	Fe (0,502)***	Cu (0,645)***	CO (0,476)***	Ca-Do (0,863)***	Mn am (0,513)***	Arena(-0,713)***	Ca-Do (0,503)
Cr (0,594)***	Cr (0,455)***		Cr (-0,573)***	Mn (0,690)***	Zn (0,465)***		Ca (0,829)***	Arena(-0,872)***	Fe am (0,482)***	Fe am (-0,560)
Ni (0,572)***	Ni (0,478)***		Ni (-0,460)***		Mg (0,402)***				Zn (0,494)***	Mn am(-0,585)
Mg (0,650)***			Mn (0,544)***							Cu (-0,467)
Zn (0,682)***										Zn (-0,583)
										Cr (-0,516)
										Ni (-0,541)
										Filo (-0,472)
Ca-Do(-0,401)**	Q (0,379)**	Mn am (0,436)**	Sep (0,413)**	Ca (-0,399)**			Arena (0,457)**	Fe am (0,427)**	Mn am (0,412)**	Q (-0,459)
Filo (0,372)**	Na (0,388)**	Ca-Do(-0,424)**	Zn (-0,424)**				Mg (-0,393)**	Mn cr (0,389)**	Filo (0,366)**	Anf (0,403)
Ca (-0,430)**		Q (0,450)**	Fe (0,409)**					Q (0,418)**	Anf (-0,380)**	Ca (0,423)
Pb (0,459)**		Ca (-0,467)**						Filo (0,392)**	Ni (0,457)**	Mg (-0,410)
								Mg (0,377)**		Mn cr(-0,395)

*** Nivel de significación a P(0,001)
** Nivel de significación a P(0,01)

11. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS ANALITICOS

Con el fin de poder agrupar y relacionar el conjunto de características analizadas en todas las muestras de sedimentos (45 en total) se aplicó al conjunto de datos un análisis factorial multivariante utilizando el programa BMDP 4M (Dixon, 1981).

12.1 MATRIZ DE CORRELACIÓN

Del estudio de la matriz de correlación entre las distintas variables (Tabla 83), se observa que existen una serie de correlaciones significativas al máximo nivel ($P=0,001$), así como a niveles de menor significación ($P=0,01$), que a continuación se comentarán.

Los carbonatos aparecen correlacionados a un nivel de significación $P(0,01)$ con la arena, lo que hace suponer que en la zona de estudio, el carbonato aparece preferentemente en la fracción textural más gruesa.

En esta fracción arena aparecen coeficientes de correlación negativos a ambos niveles de significación con el cuarzo, lo que confirmaría que en esta fracción textural el mineral más predominante es el carbonato (sobre todo en las muestras de pH más alto como se observa en la tabla 84). Además una gran parte de los elementos traza estudiados (cromo, cinc, níquel y cobre) muestran la misma tendencia de significación negativa presentada por el cuarzo.

Para un nivel de significación intermedio $P(0,01)$ la arcilla está bien correlacionada con el cuarzo, lo que indica la abundante presencia de este mineral en la fracción textural más fina.

El limo presenta una correlación al máximo nivel de significación $P(0,001)$ con las formas de óxido de hierro de grado de

cristalinidad más bajo. Análogamente a un nivel de significación $P(0,01)$, también está bien correlacionado con los óxidos de hierro y manganeso, de menor grado de cristalinidad y algunos elementos traza como el zinc y el níquel.

Cabe destacar las altas correlaciones al máximo nivel de significación entre un grupo de elementos traza tales como cromo, plomo, cinc y níquel, con las formas de óxidos de manganeso, con las distintas formas de óxidos de manganeso, independientemente de su grado de cristalinidad.

Dada la ausencia de correlación de los microelementos estudiados con las formas de óxidos hierro menos cristalizadas y las correlaciones negativas al máximo nivel con las formas de óxidos de hierro mejor cristalizadas, parece lógico pensar, en una asociación preferente de estos microelementos con formas de óxidos de manganeso, hecho indicado por numerosos autores (Mckenzie, 1979).

Los filosilicatos aparecen correlacionados al máximo nivel con el magnesio y dada la correlación negativa de este elemento con los carbonatos, podría pensarse en que en nuestra zona de estudio, el magnesio se encuentra principalmente formando parte de las redes de silicatos. Cabe mencionar la importante correlación, al máximo nivel de significación, entre el cobre y el cinc con los filosilicatos, lo que puede poner de manifiesto diferencias en cuanto a la dinámica de los microelementos en estos sedimentos: cobre y cinc parecen asociarse a filosilicatos, mientras que cromo y níquel lo están a óxidos metálicos de manganeso, principalmente.

12.2. FACTORES DE CARGA

Como resultado de la aplicación del programa estadístico antes mencionado, se obtuvieron once factores de carga que explican en conjunto un 84 % la varianza total. De todos ellos los que explican un porcentaje de varianza más significativa son los cinco primeros, que representan un 61,3% de la varianza total. Estos factores vienen representados en la tabla (84), en la que figura la carga de cada variable en el factor, tomando como criterio límite el coeficiente de carga superior a 0,500 en cada factor.

FACTOR DE CARGA 1		FACTOR DE CARGA 2	
componentes	carga	componentes	carga
Cr	0,909	CO ₃	0,865
Pb	0,869	Ca-Do	0,858
Ni	0,844	Ca	0,827
Fe cr	-0,726	Q	-0,804
Zn	0,623	Hem	-0,700
Mn am	0,529	Fe	-0,563
		Arcilla	-0,520
		Filo.	-0,503

FACTOR DE CARGA 3		FACTOR DE CARGA 4		FACTOR DE CARGA 5	
componentes	carga	componentes	carga	componentes	carga
				Fk	0.760
		Mg	0.814	Esm.	0.596
Al	0.933	Fe am	0.623	Filo.	0.577
Si	0.856	Mn cr	0.562	Cu	0.559
Ili.	0.715	Mn am	0.555	Sepi.	0.539

El Factor 1 explica el máximo porcentaje de varianza entre todos los factores obtenidos (el 29,65 % de la varianza total). Está representado por cromo (Cr), plomo (Pb), níquel (Ni), y cinc (Zn). En este factor los óxidos de hierro (Fe cr), bajo formas más cristalinas, aparecen con cargas negativas, mientras que los óxidos de manganeso de menor grado de cristalinidad (Mn am), tienen cargas positivas. Por tanto este factor puede considerarse representado por estos microelementos constitutivos de los materiales geológicos asociados a óxidos de manganeso amorfos.

El Factor 2 explica un 17,6% de la varianza total. Es un factor representado por los carbonatos. En él aparecen destacados notablemente con altas cargas negativas, el hierro (Fe) y la hematita (Hem), evidenciando una proporcionalidad inversa entre estos componentes minerales para los sedimentos estudiados.

El Factor 3 explica un 9,8% de la varianza total. Presenta las mayores cargas para aluminio (Al), silicio (Si) e ilita (Ili) y puede considerarse como un factor indicativo de litologías graníticas.

El Factor 4 explica el 8,9 % de la varianza total. Esta representado por de magnesio (Mg), óxidos de hierro en su formas menos cristalinas (Fe am) y óxidos de manganeso tanto en sus fases mejor cristalizadas (Mn cr) como en las fases más amorfas (Mn am). Puede interpretarse como un factor de alteración relacionado con la formación de óxidos metálicos.

Por último, el Factor 5 explica el 7,3 % de la varianza total. Su mayor carga corresponde al feldespato potásico (Fk), esmectita (Esm), filosilicatos (Filo), cobre (Cu) y sepiolita (Sepi). De nuevo se trata de una manifestación de la alteración, en este caso, posiblemente asociada a la génesis de minerales de la arcilla. La ausencia de ilita en este factor puede confirmar el origen granítico heredado de ésta y la diferente génesis del conjunto de los minerales de la arcilla en los sedimentos del estudio. Parece que la ilita es autóctona mientras que la sepiolita y esmectita podrían proceder de la alteración de los feldespatos, anfíboles y filosilicatos existentes en el material originario. La presencia de cobre en este factor 5 vuelve a corroborar la especial afinidad de este metal por la asociación con los filosilicatos que aparecen en él.

12.3 REPRESENTACIONES GRÁFICAS

Del conjunto de las representaciones gráficas obtenidas por la proyección bidimensional de los factores de carga analizados anteriormente de dos en dos, se pasa a comentar los hechos más significativos.

4.3.1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA F1 FRENTE A F2

La proyección de las muestras respecto a estos factores, en forma de ejes cartesianos, permite establecer una clara diferenciación entre zonas (Fig.168). Respecto al Factor 1, determinado por los

microelementos asociados a óxidos de manganeso amorfo en estos materiales originarios (eje X), las muestras correspondientes a Planillo y Fiscal, presentan los mayores contenidos distribuyéndose en la parte positiva del eje de abscisas, mientras que Jánovas, Boltaña y Ainsa aparecen predominantemente situadas en la parte negativa del factor, si bien algunas muestras de Ainsa (A5, A7, A8, A11) y de Jánovas (J5, J6) no obedecen a esta tendencia (Fig.168b). Respecto al Factor 2 carbonatado (eje Y) se observa una diferenciación entre muestras aunque no tan patente como la anterior (Fig 1).

Para una mejor visualización se ha dividido la proyección bidimensional en tres gráficas, (Figs. 1168a, 168b, 168c) atendiendo a la cercanía de la distribución espacial de las muestras y a los factores de carga anteriormente mencionados.

- En la figura 168c se indica la distribución de las muestras de Ainsa y Boltaña atendiendo a los factores 1 y 2. En ella se puede observar una alta concentración de puntos en el cuadrante superior izquierdo, lo cual pone de manifiesto la gran cantidad de carbonatos en estas muestras a excepción de A7 (0,5%), A10(5,2%) y A11(17,4%). Podemos decir que Ainsa se caracteriza por su altos contenidos en carbonatos ($47 \pm 23\%$) que corresponden a barras actuales (A6 y B2), llanuras de inundación (A9) y terrazas con niveles altitudinales muy bajos (A1 con 4-6 m. margen izquierda y A8 con 8-12 m. margen derecha).

En general, el comportamiento de las muestras de Boltaña denota un caracter carbonatado (con una media de???) ($55\% \pm 23$) exceptuando las muestras B4 (0,8%) y B3 (20,2%).

Como excepción dentro de las muestras de Ainsa podemos destacar A4 (Cono +10 m. margen derecha) y A5 (T +8-10 m. margen izquierda) que por su posición cercana a la parte negativa del Factor 1 indican un mayor contenido en óxidos de hierro y manganeso cristalinos y por tanto, un comportamiento parecido a las tomas de Boltaña.

En el eje negativo del Factor 2 se representan las muestras con altas concentraciones en hematita y en hierro y bajo contenido en carbonatos lo que podría indicar un posible proceso de rubefacción

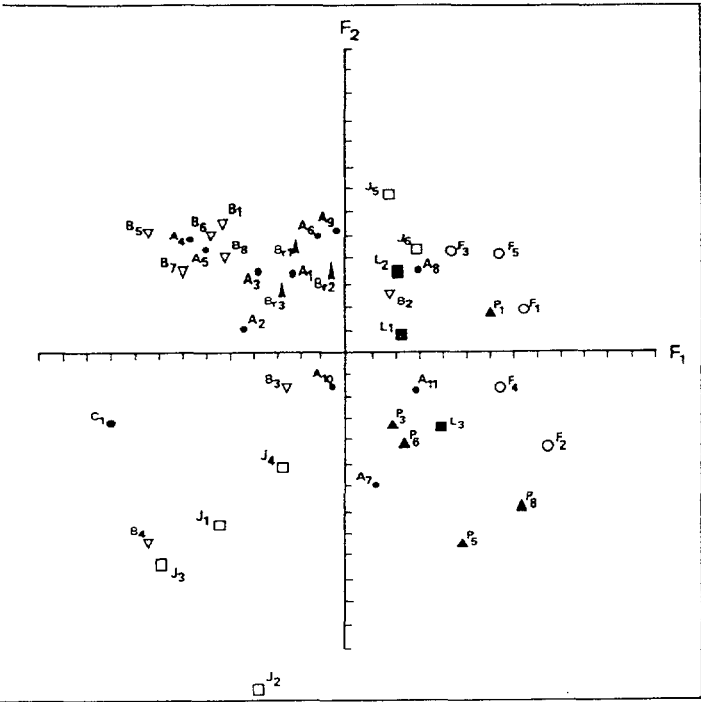


Figura 168. Representación gráfica general del factor 1 frente al factor 2.

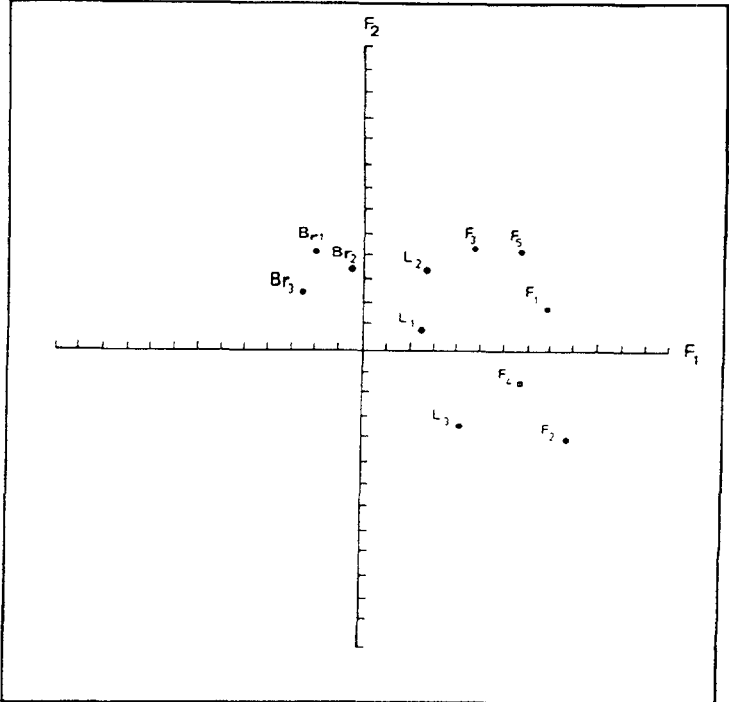


Figura168a. Representación gráfica del factor 1 frente al factor 2 para Ligüerre de Ara, Fiscal y Broto.

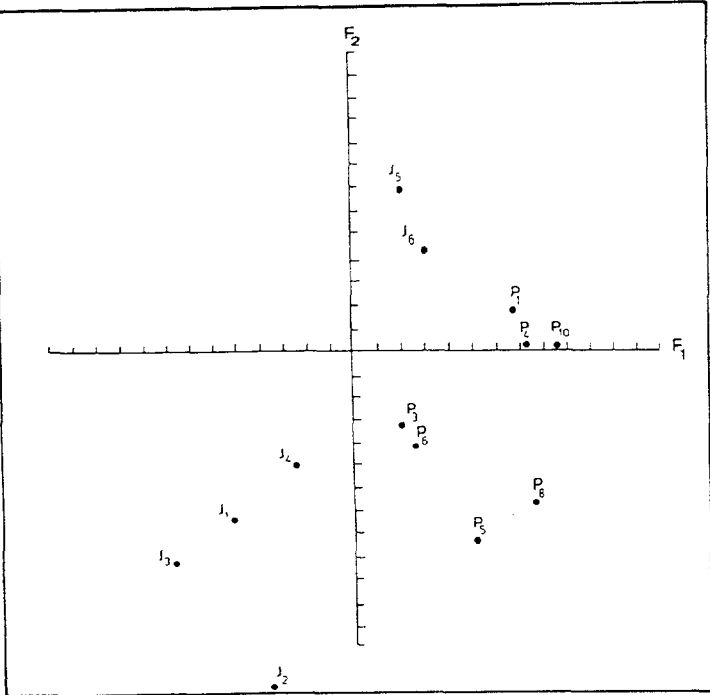


Figura 168b. Representación gráfica del factor 1 frente al factor 2 para Jánovas y Planillo.

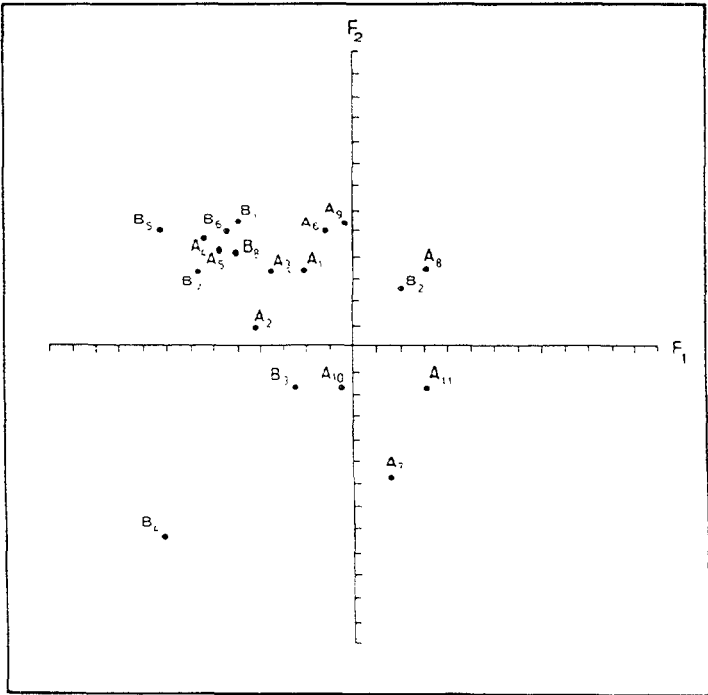


Figura168c. Representación gráfica del factor 1 frente al factor 2 para Aínsa y Boltaña.

(B3; T62-72 m. margen izquierda, B4; T35-60 m. margen derecha, y A7; T35-60 m. margen izquierda). El resto de las muestras quedan en una situación un poco ambigua respecto a su contenido en carbonatos y/o al resto de variables implicadas en este factor (A10; T20-23 m. margen derecha, A11; Cono +10 m. margen derecha).

- La Fig.168B representa las muestras estudiadas en Jánovas y Planillo. En las primeras se aprecia una clara situación de las terrazas más antiguas con mayor contenido de hierro dentro del cuadrante inferior izquierdo. Mientras que en el cuadrante superior derecho se sitúan las más carbonatadas como son las barras actuales y los grezès litéés (J5 y J6 respectivamente).

El grupo de Planillo no presenta una distribución tan obvia, aunque se vuelve a repetir la agrupación de muestras carbonatadas en el cuadrante superior derecho (barras actuales y conos) mientras que en el cuadrante inferior derecho (eje negativo del Factor 2), y a medida que nos alejamos del origen de coordenadas, aparecen las terrazas más antiguas. Pero lo más destacable de este grupo es su posición respecto al Factor 1 ya que todo él se sitúa en la parte positiva, lo cual pone de manifiesto que presenta los mayores contenidos en microelementos como cromo, plomo, níquel y cinc.

- En la Fig.168a aparecen tres grupos de muestras Broto, Ligüerre de Ara y Fiscal. El primero se caracteriza por su gran homogeneidad, presentando una distribución muy semejante en cuanto a las combinaciones de las proyecciones bidimensionales de los factores de carga analizados anteriormente.

En el caso de Ligüerre también se observa en ellas una ordenación similar aunque no tan persistente como en Broto. En la Fig.3A aparecen la llanura de inundación (L2) y la Barra Actual (L1) que presentan un alto porcentaje de carbonatos, es decir, en la parte positiva del factor 2, mientras que la Terraza 8-10 m. de la margen izquierda (L3), alcanza un desplazamiento hacia la parte negativa de dicho factor. Confirmado por su bajo contenido en carbonatos (4,3%) respecto de las otras muestras ($30,4 \pm 22,7$).

El grupo de Fiscal divide sus muestras entre las que presentan altos contenidos en carbonatos (F3; 45,1; Barra Actual, F5;

50,6% coluvión 12-15 m.) y las que se sitúan en el cuadrante inferior derecho (F4; 23,6% T 8-12 m., F2; 8,0 T35-40 m.) donde va disminuyendo el contenido en carbonatos. Es de resaltar la presencia de un Cono 50-60 m. muy antiguo (F1 40,6%) entre muestras con altos niveles de carbonatación como F3 y F5.

Por último, Fiscal, al igual que Ligüerre y Planillo, se sitúa en la parte positiva del Factor 1 poniendo de manifiesto nuevamente altos contenidos en microelementos como plomo, cromo, níquel y cinc.

4.3.2 REPRESENTACIÓN DEL FACTOR 2 FRENTE AL FACTOR 5

La Fig.169 corresponde a la representación gráfica de los Factores 2 y 5. Como ya se ha visto anteriormente, el Factor 2 está relacionado con la presencia de carbonatos y el Factor 5 se interpreta como un factor asociado a la alteración mineral y génesis de minerales de la arcilla.

En una primera observación de esta figura no se pone de manifiesto una diferenciación tan clara de las muestras como en la representación general anterior, exceptuando las muestras correspondientes a Broto.

Al igual que en la proyección bidimensional anterior, pasamos a desglosar en tres gráficas la representación general.

- En la Fig.169c, correspondiente a los cortes de Ainsa y Boltaña, no se observa una clara separación entre las dos zonas. Las muestras de Ainsa se disponen en los cuatro cuadrantes, mientras que las de Boltaña sólo desaparecen del cuadrante inferior izquierdo. Por tanto, se puede hablar de una gran dispersión según estos factores en los dos sectores, aunque se acusa más en el sector de Ainsa.

Respecto al Factor 2, en general, existe una mayor concentración de las muestras en la parte positiva de éste; lo cual corrobora su alto contenido en carbonatos así como la textura arenosa de estos sedimentos (Ainsa $70 \pm 18\%$ y Boltaña $84 \pm 13\%$) ya que como se ha dicho anteriormente parece que existe una relación entre carbonatos

y arena; a textura más gruesa mayor proporción de carbonatos. Lógicamente aparecen situadas en estos sectores las Barras actuales (A6 y B2), las Llanuras de inundación (B8 y A9), las terrazas con niveles altitudinales bajos - B6; T (8-10 m.) margen derecha, A5; (T 15-18 m.) margen izquierda, A8; T(8-12 m.) margen derecha -. Así mismo, glacis y conos generados casi siempre por destrucción de las areniscas de carácter carbonatado del flysh eoceno, tan abundante en la zona.

Como excepción se podría señalar las muestras A3, B5 y B1, que corresponden a terrazas antiguas susceptibles de haber sufrido una mayor alteración y lavado de sus carbonatos.

- En la Fig 169b se representan los cortes de Jánovas y Planillo.

Tanto respecto al Factor 2 como al Factor 5 se observa una diferenciación neta entre ambas zonas. Llama la atención la dispersión tan alta existente entre los distintos perfiles de Jánovas, apareciendo dos muestras contrapuestas totalmente respecto al Factor 5; la T 55-60 m. (J4) muy alterada, mientras que en la T 58-64 m. (J1) los índices de alteración son bajos. Ambas muestras corresponden a niveles altitudinales muy parecidos y las dos corresponden a la margen izquierda del río Ara lo que aún resulta más significativo.

Las muestras restantes de Jánovas se sitúan en un nivel de alteración intermedio. Cabe destacar los contenidos tan altos en carbonatos de J6 (Grežès Litées) y J5 (Barra Actual) con un 45,8% y 64,3% respectivamente correspondiendo el valor medio del resto de las muestras de Jánovas $20,8 \pm 27,3\%$.

- En la Figura 169a se representan las muestras correspondientes a Ligüerre de Ara, Fiscal, y Broto.

Las dos primeras zonas (Fiscal y Ligüerre) presentan comportamientos similares; las Barras actuales (L1, F3) y la Llanura de inundación (L2) se sitúan en el cuadrante inferior derecho. Son sedimentos de textura más grosera y con altos contenidos en carbonatos.

Lo más significativo de esta gráfica es la disposición que ocupan de nuevo los sedimentos de Broto; aunque se traten de

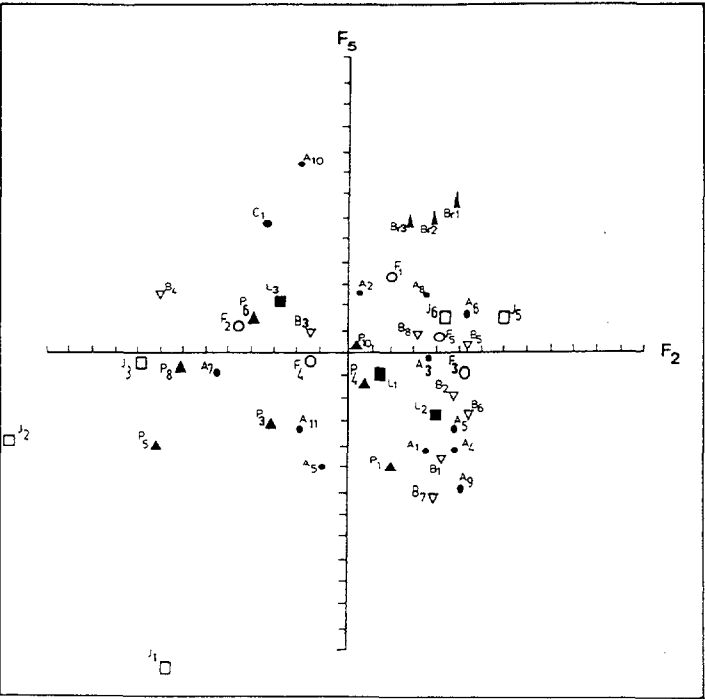


Figura . Representación gráfica general del factor 2 frente al factor 5.

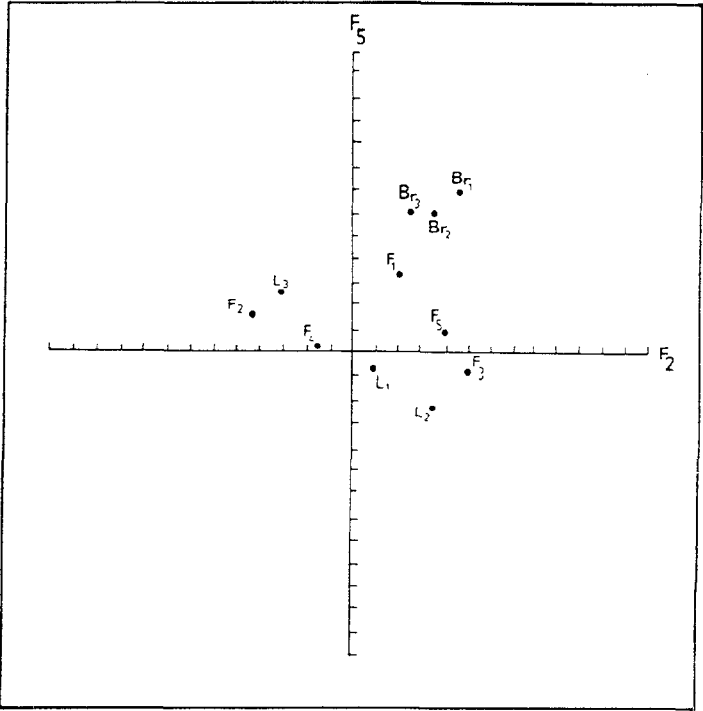


Figura . Representación gráfica del factor 2 frente al factor 5 para Ligüerre de Ara, Fiscal y Broto.

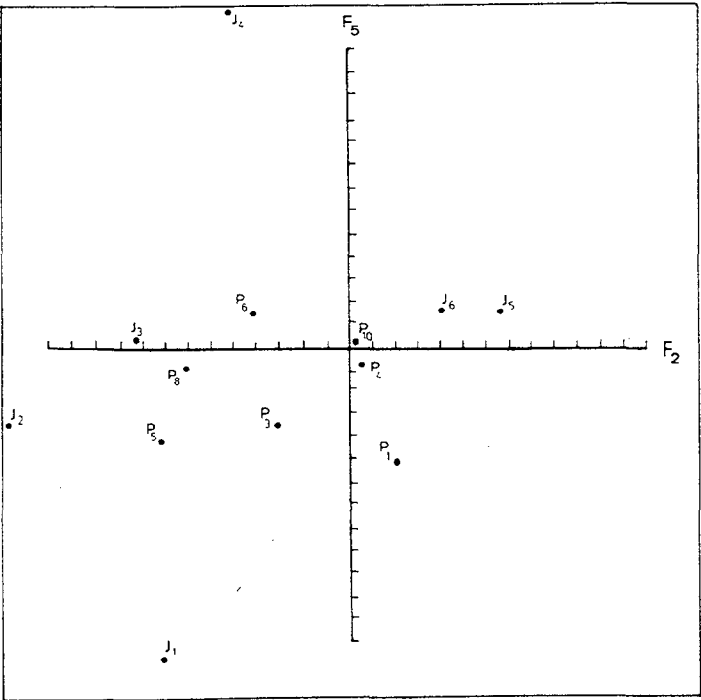


Figura . Representación gráfica del factor 2 frente al factor 5 para Jánovas y Planillo.

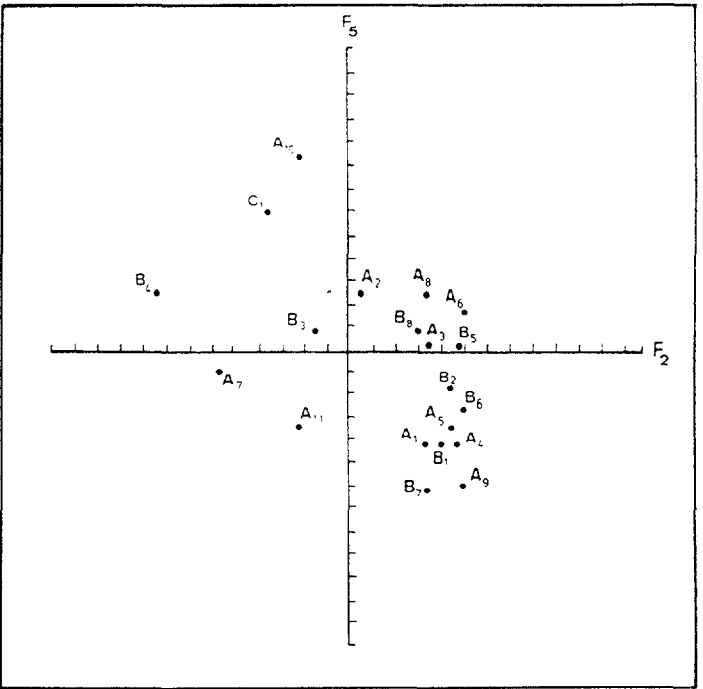


Figura . Representación gráfica del factor 2 frente al factor 5 para Ainsa y Boltaña.

elementos geomorfológicamente distintos (ya que incluyen entre ellos una morrena, una barra actual y una llanura de inundación), presentan un comportamiento muy homogéneo respecto al porcentaje de carbonatos y al nivel de alteración. Muy significativos son los altos contenidos de feldespatos potásicos con la media más alta de todos los perfiles analizados $12 \pm 2\%$. Hay que tener en cuenta que de todas las zonas estudiadas, Broto es la que se localiza más cerca de la cabecera del río Ara y por tanto, próxima al batolito granítico y la única con sedimentos morrénicos, por lo que el aporte de granitos puede ser mucho más acusado, como se corrobora en la identificación mineralógica de la fracción arena en la que aparece entre sus minerales, fluorita. (Br2 4% y Br3 6%).

12. ANALISIS PETROGRAFICOS Y MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO.

Además de las técnicas analíticas descritas anteriormente hemos recurrido puntualmente a análisis petrográficos realizados sobre muestras graníticas y a la observación de exoscopías sobre granos de cuarzo para intentar resolver algunos de los problemas geomorfológicos y paleoclimáticos que encontramos.

La relativa presencia de cantos de granitos y otras rocas de tipo ígneo en los depósitos morrénicos y terrazas fluviales del río Ara fue uno de los hechos que nos sorprendió durante el inicio de los trabajos de análisis en el campo; ello se debió a que los afloramientos de roca in situ, solamente aparecen en la cabecera del valle y se asocian al macizo de Panticosa, cuya superficie no parece justificar el elevado porcentaje de cantos graníticos encontrados.

Hemos realizado un muestreo y estudio petrográfico, entre los cantos no calcáreos de los depósitos de las terrazas y morrenas situado en el sector de Broto a Fiscal.

El objetivo de este análisis es detectar la presencia de litologías diferentes a la que actualmente constituyen la cuenca hidrográfica del río Ara; y examinar la posible vinculación de los granitos que integran las masas aluviales de las terrazas antiguas pudieran tener con una hipotética alimentación glaciar.

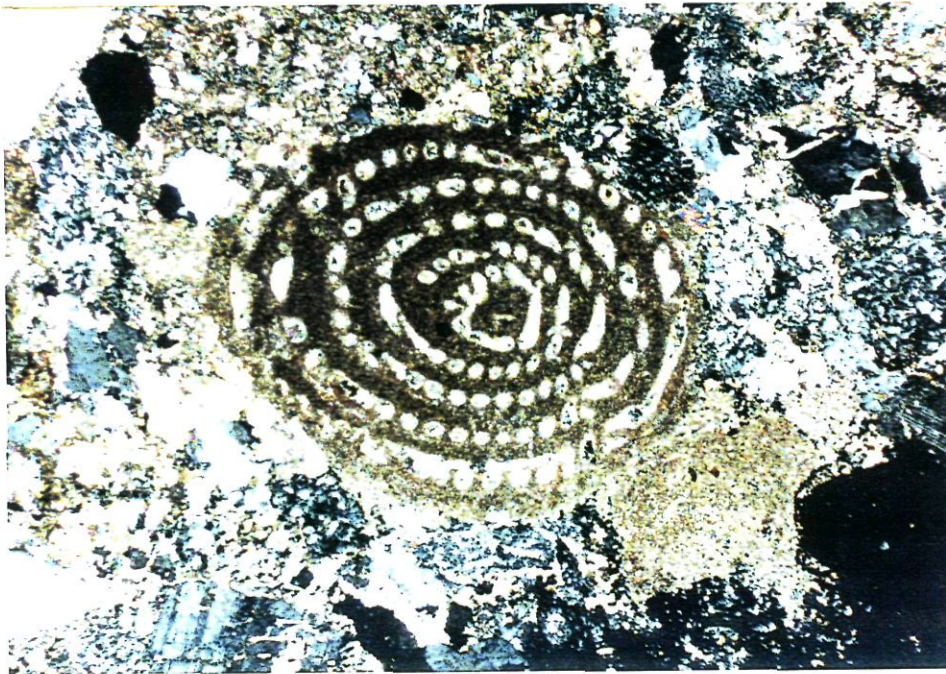
Como ya se comentó en la litología de los aluviones, la presencia de granitos, (algunos con notables dimensiones) en las terrazas bajas del Ara fueron un elemento sorpresa en el análisis geomorfológico, ya que los afloramientos de esta naturaleza, sólo aparecen en la cabecera del valle (Macizo de Panticosa) y su mínima superficie no parece justificar ni su tamaño, ni su presencia de no haber sido transportados por algún mecanismo glaciar.

Cornubianita. Los cantos de esta roca son relativamente abundantes en los depósitos muestreados, estando, en general, muy alterados. Proceden de la orla de metamorfismo térmico que rodea al macizo plutónico de Panticosa (I.T.G.E., 1989). La sección delgada estudiada, presenta abundantísima quistolita, con secciones basales muy buenas, diferenciándose además, biotita, moscovita, algo de cuarzo y minerales opacos.

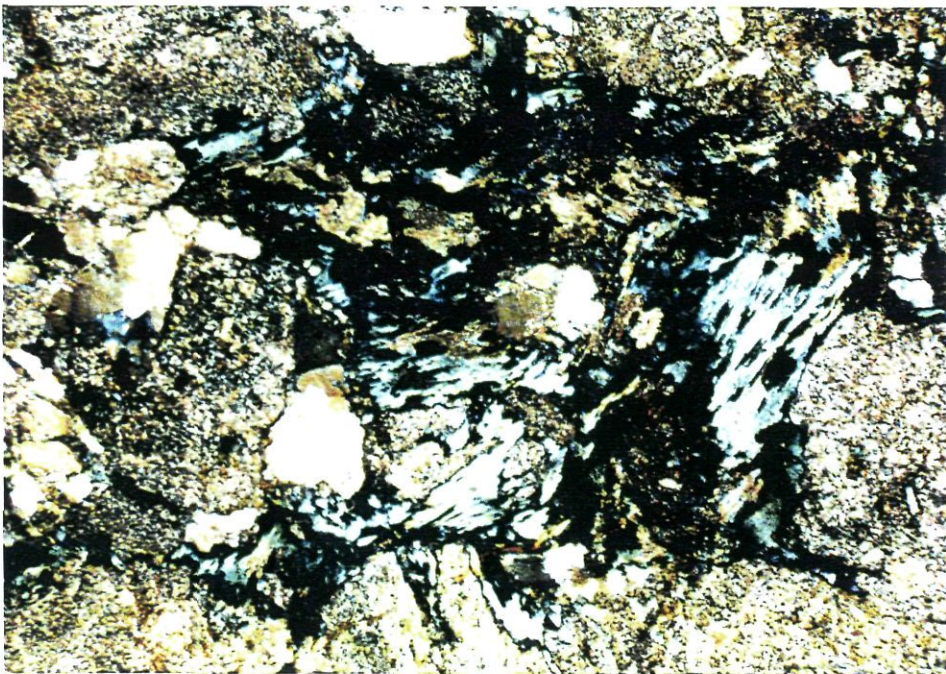
Arenisca (Litarenita) I. Es también una roca abundante y se corresponde probablemente con las denominadas "Areniscas de Marboré" (I.T.G.E., 1989). Presenta abundante cemento calcáreo, a veces bien cristalizado. Los clastos son redondeados o subredondeados encontrándose cuarzo monocristalino y policristalino, ortosa, plagioclasas, microclina, bioclastos y bastantes fragmentos de diversas rocas (calizas, areniscas, cornubianitas...).

Arenisca (Litarenita) II. Es posible que también proceda de las "Areniscas de Marboré". El cemento es carbonatado y muy poco recrystalizado. Los clastos van de subangulosos a subredondeados, sobre todo los de cuarzo que es en general monocristalino. Se encuentran también feldespatos muy alterados, algunos parece que fueron plagioclasas, abundantes fragmentos de roca, orbitoides y abundantes restos orgánicos.

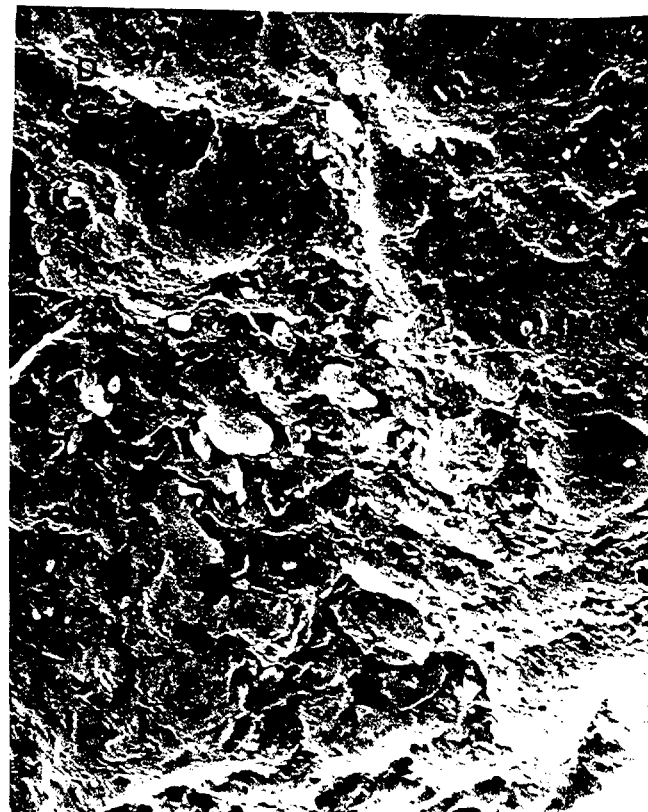
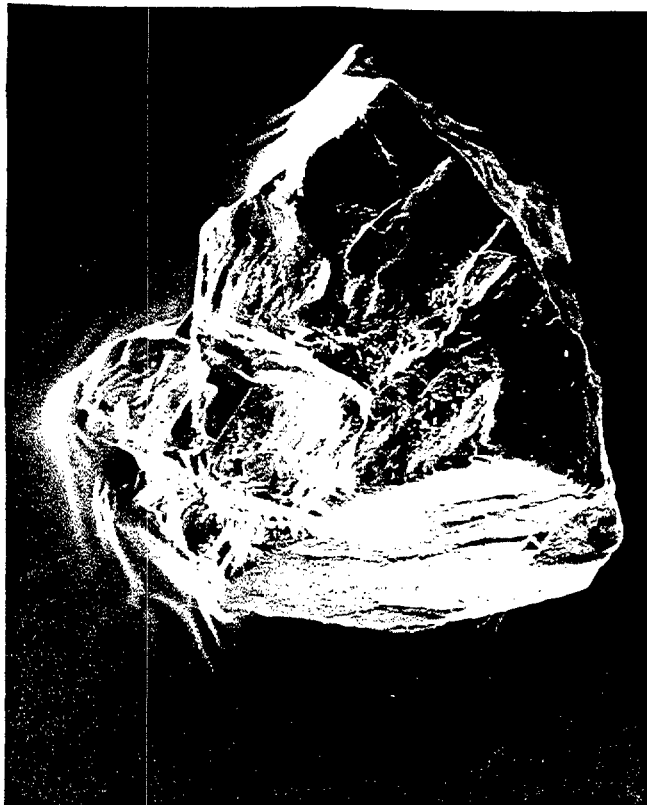
Granodiorita I. La muestra está muy alterada, sobre todo la biotita y las plagioclasas, y podría corresponder a la granodiorita de grano medio, de la actual cuenca del río Ara, descrita en la bibliografía (I.T.G.E., 1989). Es, como se ha indicado, de grano medio y está constituida esencialmente por cuarzo alotriomorfo, abundantes feldespatos muy alterados, fundamentalmente plagioclasas idiomorfas, sericitizadas y saussuritizadas, con zonas transformadas a carbonatos, así como por clorita pseudomórfica de biotita con abundantes segregaciones de minerales opacos (probablemente ilmenita) en los planos de exfoliación. Como accesorios aparecen circón y apatito.



A.- Litarenita (N+ X 20). En la fotografía se aprecia un bran bioclasto (orbutoide ?), así como clastos subangulosos de plagioclasa, fragmentos de roca, carbonatos y cuarzo.



B.- Granodiorita (N= X 20). Abundantes cristales de clorita seudomórfica de biotita, con numerosas segregaciones de minerales opacos; plagioclasas subidiomorfos muy alteradas (saussuritizadas), escasos feldespatos potásicos y cuarzo alotrioformo.



A.- (X 250). Grano de cuarzo anguloso, muy representativo del deposito, con abundantes fracturas y escalones asociados a ellas, así como estriaciones paralelas de origen glaciar. Recubriendo todas estas marcas puede observarse, así mismo, una película de sílice.

B.- (X 1.500). Detalle de las estriaciones paralelas y del abundante "depósito" silíceo que recubre todos los granos estudiados.

C.- (X 5.000). Detalle de la estriaciones y pequeños escalones situados en una superficie plana de otro grano anguloso.

D.- (X 3.000). Detalle de la película silíceo que recubre la mayor parte de la superficie de los granos, aunque en las zonas cóncavas es más abundante.

Granodiorita II. Esta muestra está también muy alterada y parece que se corresponde, al igual que la muestra anterior, con la granodiorita de grano medio. Esta compuesta por cuarzo, bastante escaso, plagioclasas muy alteradas (saussuritizadas), feldespato potásico algo menos alterado y abundante clorita pseudomórfica de biotita con rebordes negros debido a la segregación de minerales de hierro. Aparece, asimismo, un pequeño dique de carbonato originado por alteración.

Cuazodiorita. Como todas las rocas plutónicas descritas, está también muy alterada. Tiene grano fino-medio podría corresponder a la gabrodiorita cuarcífera de la cuenca del río Ara. Presenta cuarzo intersectal, plagioclasas idiomorfas totalmente saussuritizadas, así como anfíboles y piroxenos transformados a cloritas. Como accesorios aparece apatito, esfena, carbonatos de transformación y abundantes segregaciones de minerales de hierro en los anfíboles fundamentalmente.

Granodiorita III. Es una roca de grano fino-medio, muy clara, que corresponde con la granodiorita clara de grano fino-medio del macizo de Panticosa. Está, como las otras muestras descritas, muy alterada y presenta como minerales esenciales, cuarzo, biotita muy cloritizada con segregaciones de minerales de hierro; abundantes plagioclasas idiomorfas o subidiomorfas, completamente alteradas a sericita y saussurita en unas zonas y a carbonatos en otras. Como accesorios se ha observado epidota.

La presencia de estas granodioritas claras, que corresponden a la cuenca del río Gállego, confirmaría la existencia de flujos glaciares procedentes del macizo de Panticosa y las diferencias de esta cuenca glaciar con la actual cuenca fluvial.

Respecto a la exoscopia de los granos de cuarzo las marcas superficiales más frecuentes descritas (TORCAL et al. 1985, 1992) para el ambiente glaciar y fluvio-glaciar del Pirineo Aragonés son las siguientes:

- fracturas concoideas de varios tamaños,
- escalones semiparalelos,
- escalones arqueados,
- estriás paralelas de longitud variable y
- figuras de frotamiento.

La mayoría de los granos de cuarzo de las muestras estudiadas son subangulosos y en menor proporción se encuentran los angulosos. Lo más característico de ellos es la abundante película de sílice, a veces con formas casi euhedrales, que recubre la superficie y que enmascara las marcas mecánicas anteriores, originada, probablemente, después de su depósito en la terraza (RUBIO et al., 1993). Todos los granos presentan fracturas concoideas de diversos tamaños, más o menos abundantes y ligeramente pulimentadas, así como escalones arqueados y subparalelos asociados a estas. En un 20% de los cuarzos se han observado, asimismo, aunque en menor proporción, estriás paralelas, también ligeramente pulimentadas. En un pequeño porcentaje de los granos aparecen pequeños glóbulos de sílice de posible origen fluvial.

La presencia de marcas de origen glaciar y fluvio-glaciar en la superficie de los granos de cuarzo estudiados pudiera ser un elemento a tener en cuenta en la existencia de una fase fría anterior al Würm en el valle del río Ara. Ahora bien, la confirmación de esta teoría debería estar avalada por un estudio más amplio que incluyera un mayor número de muestras correspondientes a diversos perfiles.

13. CONSIDERACIONES FINALES ACERCA DE LAS ACUMULACIONES CUATERNARIAS.

La cuenca del río Ara, al igual que la de otros ríos pirenaicos, ofrecía inicialmente un conjunto de condiciones teóricamente favorables para que, a través del estudio geomorfológico de sus acumulaciones y del análisis sistemático de sus sedimentos, se pudiera llegar a conocer con cierta precisión algunos de los problemas paleoclimáticos que esta cordillera, desde principios de siglo, viene planteando a los investigadores. En efecto, la existencia de una importante barrera montañosa cubierta por los hielos en una o varias ocasiones, durante el Pleistoceno; una notable cuenca fluvial abierta en los materiales mesozoicos y del Terciario inferior con numerosos niveles aluviales, colgados a diferentes alturas; un tramo alto donde era factible vincular los depósitos morrénicos y los aluviales; un conjunto de numerosos depósitos de variada génesis (conos aluviales, depósitos coluvionares amorfos y otros de origen crioclástico, etc.) eran los elementos que parecían presagiar una posible solución a algunas de las hipótesis planteadas al principio de esta tesis.

Características morfológicas.

- Además de los aluviones del fondo del valle, se han advertido un total de cinco niveles de terraza en el valle del río Ara. Estos se ubican exclusivamente en el tramo medio y bajo valle, estando ausentes en el sector de cabecera.

- El principal problema de identificación ha venido determinado por el carácter no continuo que presentan los niveles fluviales dentro del territorio objeto de estudio. A veces, durante kilómetros se ven interrumpidos en las zonas angostas que no han permitido la sedimentación del material aluvionar o en caso contrario, que no han podido quedar conservados por la intensa dinámica erosiva que reinó en las vertientes en los momentos de crisis climática.

- Como ya se dijo anteriormente, en los tramos en los que las terrazas han logrado un cierto desarrollo se ha podido comparar el perfil longitudinal de cada nivel con el del cauce actual; en líneas generales el perfil entre los niveles antiguos y el actual es más o menos paralelo, con algunas excepciones como en Aínsa, donde parece que la pendiente de la terraza superior es sensiblemente menor a la del lecho actual.

- Los criterios sedimentológicos básicos (granulometría de materiales gruesos, litología, morfometría, clasificación del material fino, etc.) no han permitido establecer con total seguridad las correlaciones de los niveles, cuando éstos se mostraban discontinuos en ciertos tramos del valle; por ello, esta posible asimilación sólo ha podido establecerse, esencialmente, a partir de criterios altimétricos y teniendo en cuenta el perfil de cada nivel de terraza; se ha intentado aminorar las graves riesgos que este tipo de métodos conlleva mediante el contraste de sus características sedimentológicas, mineralógicas y otras.

Características granulométricas, litológicas y morfométricas.

El estudio de las facies de las distintas terrazas revela el predominio de un material aluvial nada o poco estratificado; en efecto, los aluviones de cada terraza ofrecen un notable desorden sedimentario en su distribución dentro de la masa aluvial, no existiendo apenas ningún tipo de estratificación, salvo las estructuras planares.

- Las litofacies predominantes son, pues, las de tipo "Gms" (cantos y gravas masivas sin material fino entre los elementos), y "Gm" (cantos y gravas masivas con imbricación y a veces algo estratificadas); sólo en algunos parajes más tranquilos del valle y en sus zonas marginales hemos detectado la existencia de gravas con algunas formas de estratificación cruzada planar.

- Estas litofacies sugieren el comportamiento hidrodinámico que ha dirigido el aluvionamiento de cada terraza: fuertes pulsaciones de corriente capaces de movilizar con violencia elementos de notable tamaño e incapaces de organizar el material aluvionar en estructuras ordenadas.

- Granulométricamente, los aluviones gruesos que fueron arrastrados por el Ara están constituidos esencialmente por cantos medianos y grandes, junto a gravas y cantos pequeños; a éste conjunto acompañan porcentajes variables de bloque (mayores de 24 cm.) de procedencia lateral, esencialmente, y en ocasiones longitudinal. Los histogramas granulométricos son, en general plurimodales, lo que identifica la existencia de distintas procedencias del material que componen cada terraza.

- Litológicamente, la homogeneidad geológica de la cuenca, que ha sido aquí analizada, no permite identificar con demasiada precisión la procedencia de los materiales aluviales. Sólo los elementos graníticos y algunas calizas permotriásicas provienen claramente desde la cabecera del valle y son pues típicos aportes longitudinales.

Los cantos y bloques de naturaleza cristalina, a pesar de su escasa representación, juegan un papel enigmático en la interpretación evolutiva que ha sufrido la cuenca del Ara. Dada la restringida extensión que los afloramientos de este tipo alcanzan en la cuenca más alta del Ara, su presencia en la masa aluvial pudiera tener un posible origen:

- Proceden de la cabecera y son el testigo de aportes longitudinales "puros", hecho no muy probable dada la importancia de los fenómenos de sustitución litológica, que se advierten en todos los niveles fluviales y que son impuestos por la dinámica de las laderas y de los torrentes introduciendo en el fondo de valle innumerables cantidades de aportes laterales.

- Han sido retomados a partir de hipotéticas formaciones morrénicas. Téngase en cuenta, que los afloramientos graníticos, en la cuenca del Ara, totalizan una superficie inferior a los 4 kilómetros cuadrados.

Sea cual sea su origen, los fragmentos graníticos son magníficos indicadores que permiten diferenciar con total nitidez los aluvionamientos, puestos en marcha por el Ara, y aquellos que han sido movilizadas por los emisarios de aquel, en forma de torrentes y barrancos.

Características morfométricas.

Desgastes; Los histogramas de desgaste de todos los niveles ofrecen formas plurimodales o bimodales. Están sugiriendo una dual procedencia de aportes longitudinales y laterales que se diversifican en función de la distancia recorrida y de la capacidad de arrastre de las aguas.

Los aplanamientos son mucho más variados dependiendo de la tipología y facies de los roquedos calizos y de las acciones pre y postdeposicionales: las masas coluvionares liberadas por procesos crioclásticos generan lajas muy aplanadas que la dinámica fluvial no logra modificar. Por el contrario, las acciones torrenciales que los emisarios del Ara han efectuado a lo largo de su evolución confieren bajos aplanamientos al material aluvial. Entre los extremos de esta dicotomía esquemáticas se sitúa una amplia diversidad de familias de cuya interpretación es siempre compleja.

Distribución de la fracción fina; los índices de clasificación del material (índice de Trasck) y la modalidad muy repetitiva de curvas de aspecto parabólico, con cierta tendencia sigmoidal, deben ser interpretadas como típicos arrastres asociados a fuertes pulsaciones de corriente, con brusco descenso de la actividad al final de la crecida. Estas curvas muestran un acusado paralelismo con los procesos de sedimentación actual. Los histogramas suelen ser

plurimodales y bimodales lo que de nuevo pone en evidencia que coexisten diversas familias granulométricas de procedencia muy variable.

A este respecto ha sido imposible distinguir con nitidez los materiales fluvioglaciares, con desgastes poco intensos, de los modelado por acciones torrenciales, fluvio-torrenciales, y fluviales enérgicos (en la zona baja del valle). Ningún nivel de terraza, incluso los más próximos a las morrenas terminales del área de Broto, ofrecen tampoco esa alternancia rítmica, tan típica de la modalidad de accionamientos fluvio-glaciár, de cantos rodados y lentillas arenosas aplanadas. Por tanto, no hemos constatado las acumulaciones fluvio-glaciares citadas por otros autores en la cuenca del Ara y en estos parajes (SERRANO Y MARTINEZ DE PISON, 1994).

Con respecto al valor del pH, tanto de las formaciones geomorfológicas como de los suelos que algunas soportan, hay que señalar que en su mayor parte son de naturaleza básica y están, generalmente, por encima de 8. Sólo dos depósitos (P5 y P1 del perfil de Planillo) tienen valores de pH ubicados por debajo del valor neutro (pH=7); igualmente, hay que señalar que no existe una tendencia hacia la acidificación de los conjuntos edáficos conforme ganan altura, y por tanto antigüedad (Fig.170), tal y como acontece en las cuencas del borde septentrional del Pirineo (ICOLE, 1974). En la cuenca del Ara, sólo algunos suelos ubicados sobre los niveles más antiguos ofrecen un cierto valor de pH relativamente bajo y cercano a 7 (Fig.170): sin embargo, otros suelos de idéntica naturaleza y semejante edad, ofrecen valores de pH muy elevados. Ello parece estar denunciando la continua llegada hasta ellos de materiales procedentes de las laderas dirigidos por los procesos que sobre ellas han actuado (arroyada, solifluxión, etc.) y que han contribuido a contaminar el perfil.

Características mineralógicas: fracción ligera.

En lo que respecta a la fracción mineral, existe un claro predominio de las fracciones ligeras sobre las pesadas. Ello se

Nivel
geomorfológico

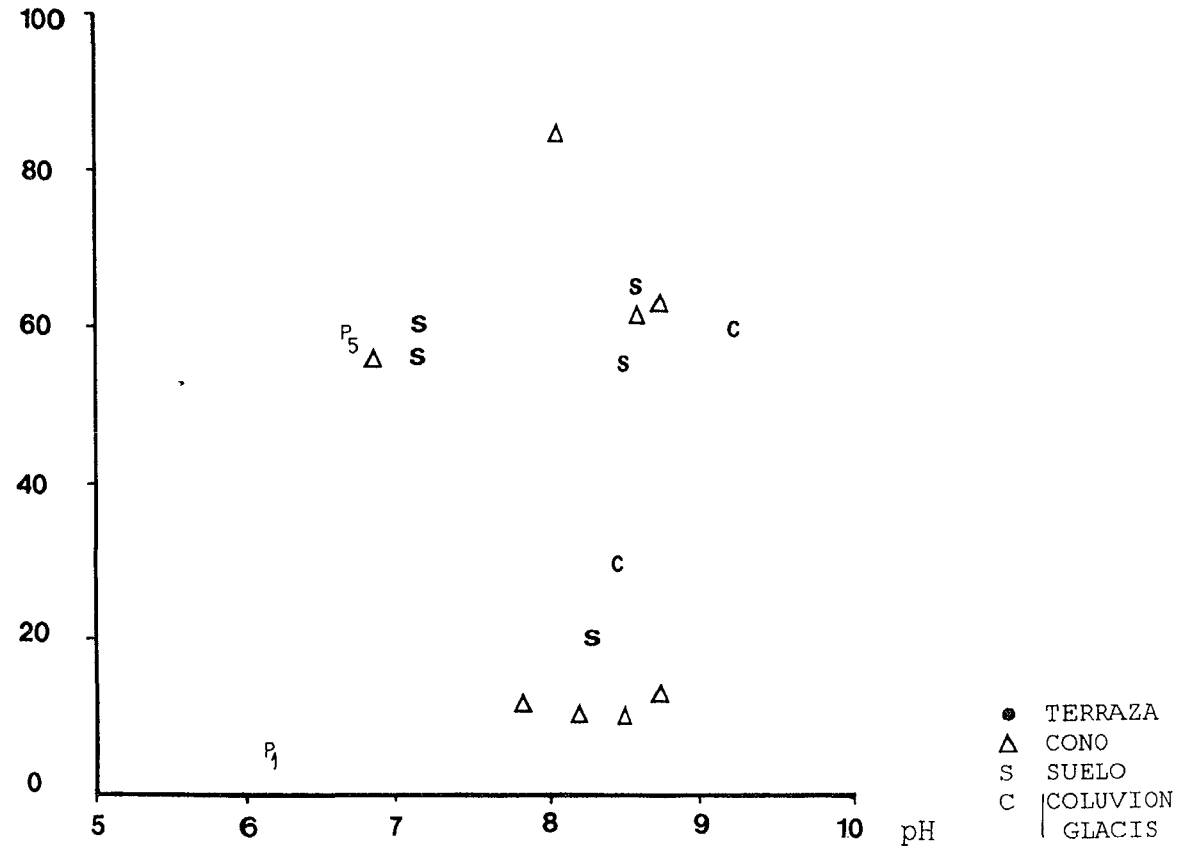


FIG. 170. EVOLUCION DE LOS VALORES DE pH EN FUNCION DE LA ALTURA DE LOS NIVELES GEOMORFOLOGICOS.

vincula con el carácter petrográfico de la cuenca del Ara, en la que el flysch, las margas y las calizas son dominantes. Todo lo contrario sucede en las cuencas fluviales instaladas en los materiales molásicos pirenaicos del borde septentrional. Estos proceden de la destrucción de materiales antiguos por lo que son pobres en minerales primarios (formados esencialmente por cuarzo), contienen escasas proporciones de feldespatos (1%-5%), calizas en cantidades muy variables y abundancia de minerales arcillosos, como illita, montmorillonita, clorita y vermiculita (HUBSCHMAN, 1975).

Así, en la mineralogía de ligeros de la cuenca del Ara, los carbonatos son dominantes en casi todas las formaciones que componen cada perfil. Sólo en algunas excepciones de índole edáfica, por lavado y en otros casos por una constitución eminentemente arenosa de naturaleza silícea, los carbonatos no son mayoritarios. Ello, se vincula de modo especial con la extensión y espesor que los afloramientos de naturaleza caliza alcanzan en la cuenca. Inmediatamente después, se sitúan cuarzos y filosilicatos en porcentajes que fluctúan en función de la procedencia del material y del grado de alteración edáfica que ha podido sufrir la zona y la formación geomorfológica en las que se instalan.

En cuanto a los feldespatos, éstos no parecen ser muy numerosos, debido a que la geología del sector no es la idónea, dada la escasa representación que los afloramientos graníticos y metamórficos tienen en la cuenca (salvo en la zona de cabecera); por otro lado, su fragilidad tradicional ante las acciones de la hidrólisis; ante ella, los feldespatos potásicos (Fk) resisten relativamente (ICOLE, 1974) y las plagioclasas (F CaNa) son vulnerables. Como cabía esperar, éstas tienen un comportamiento muy significativo en la cuenca del Ara ya que constituyen uno de los minerales más débiles ante la alteración (Fig.171). Su representación es siempre muy escasa (menor al 12%) en los niveles geomorfológicos más recientes y es nula o casi nula en los niveles más antiguos y allí donde ha habido procesos edáficos más o menos acusados; no obstante, en algunos casos, concretamente en los conos y coluvionamientos, se

presentan ciertas cantidades de plagioclasas como consecuencia de su retoma a partir de los substratos poco alterados de las vertientes.

Características mineralógicas: fracción pesada.

Los minerales pesados, muestran una acentuada madurez para el tipo de formaciones geológicas tan recientes en las que se disponen (Cuaternario-Actual). Ello contrasta con los datos obtenidos de otras cuencas pirenaicas, en las que ciertos estudio clásicos (DUPLAIX, 1956) y otros posteriores (ICOLE, 1974) aplicaron técnicas mineralógicas, tanto a sus sedimentos cuaternarios como a los estratos terciarios que afloraban en las laderas. Así se detectó, valores mínimos (por debajo del 0,5%) para la presencia de los minerales más resistentes (turmalina, circón, rutilo, etc.) en los niveles fluviales del Würm, Riss y Mindel; sólo a partir de esta edad comienza a advertirse porcentajes algo más significativos en los niveles del Cuaternario más antiguo, que alcanzan mayor representación en los substratos terciarios franceses.

En cambio, la cuenca del río Ara muestra importantes cantidades de minerales pesados resistentes, como hemos podido ver en todos los perfiles; desde los niveles más bajos asociados a los fondos aluviales actuales, incrementándose normalmente, con la edad del nivel geomorfológico. Este hecho parece inexplicable si tenemos en cuenta la cierta homogeneidad petrográfica que ofrecen los aluviones gruesos de cada conjunto estudiado. De aquí que ante esta analogía y dada la cierta madurez mineralógica si obtienen dos sugerencias:

- La composición mineralógica de cada unidad geomorfológica está casi totalmente controlada por los substratos geológicos, por los suelos y formaciones geomorfológicas antiguas; por tanto, refleja más las acciones heredadas del pasado, que las propias y específicas de los ambiente climáticos, de su alteración y de su evolución acontecida, tras la sedimentación aluvial.

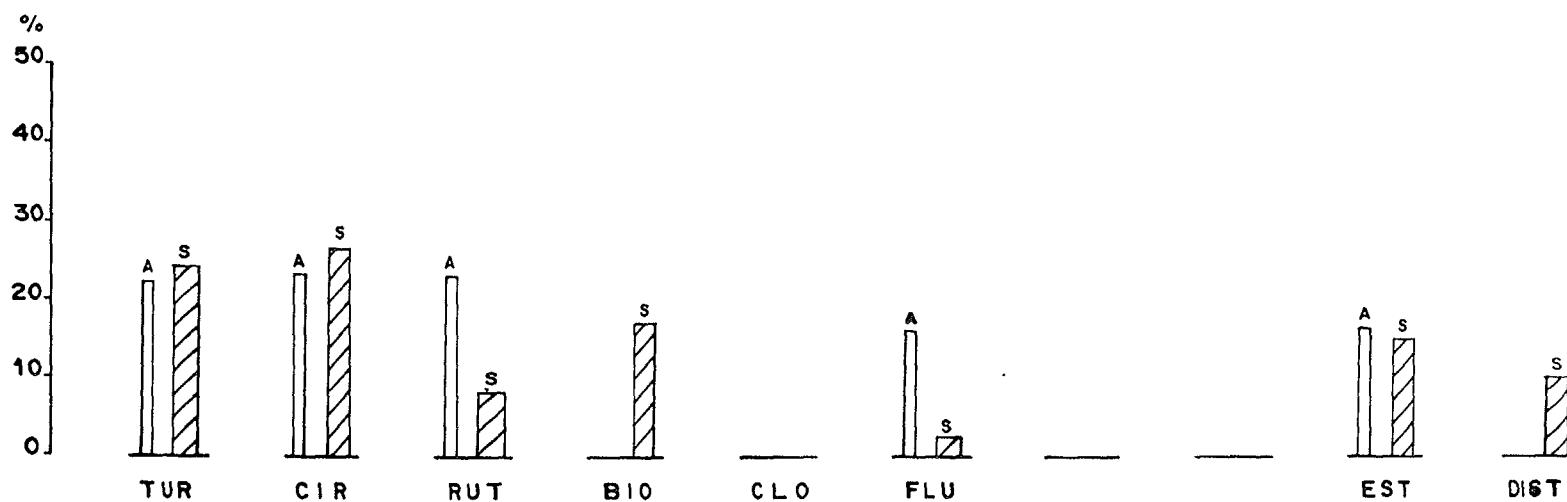


Fig.172. CONTRASTE MINERALOGICO DE PESADOS DE LOS ALUVIONES (A) DE LA TERRAZA +55.60 DE JANOVAS (J-2) Y EL SUELO ROJO SUPRAYACENTE (J-3)

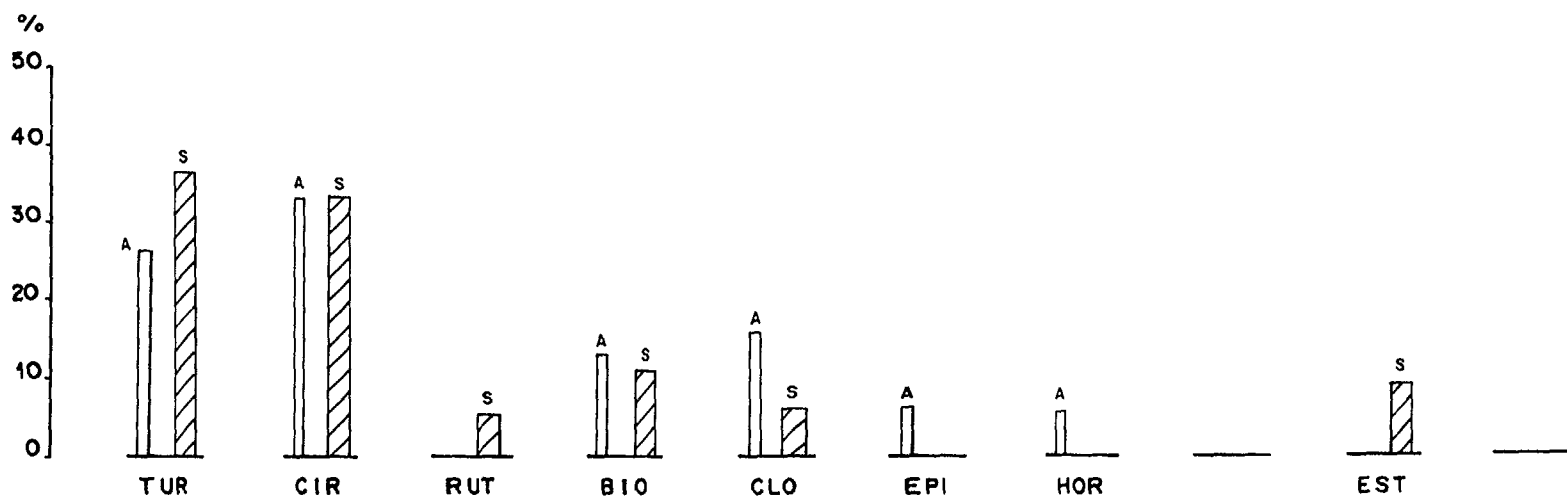


Fig.173. CONTRASTE MINERALOGICO DE PESADOS ENTRE LOS ALUVIONES (A) DE LA TERRAZA +65-72 DE BOLTAÑA (B-1) Y EL SUELO ROJO (S) SUPRAYACENTE (B-3)

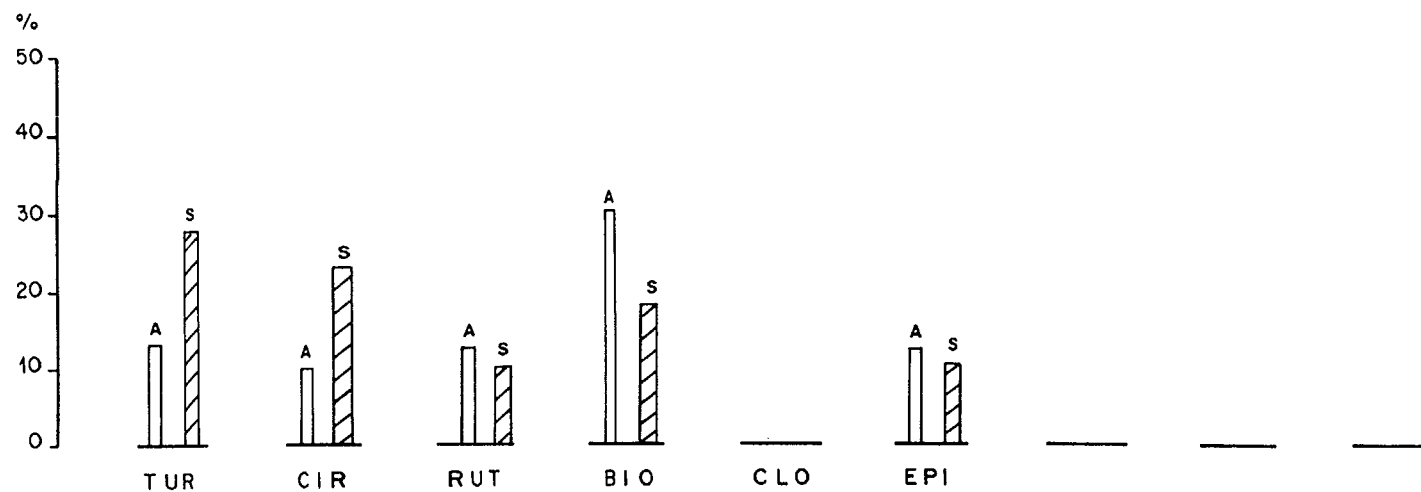


FIG.174. CONTRASTE MINERALOGICO DE PESADOS DE LOS ALUVIONES (A) DEL CONO +55-60 m DE PLANILLO (P-5) Y EL SUELO ROJO (S) SUPRAYACENTE (P-8)

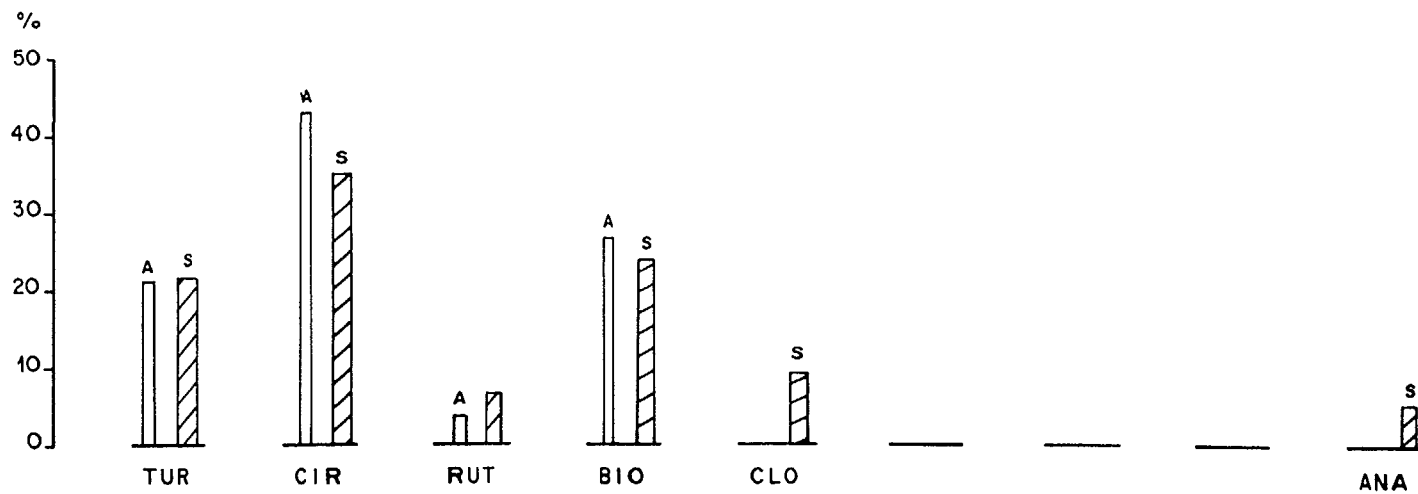


FIG.175. CONTRASTE MINERALOGICO DE PESADOS DE LOS ALUVIONES DEL CONO +10 m. DE AINSA (A-4) Y EL SUELO SUPRAYACENTE (A-11)

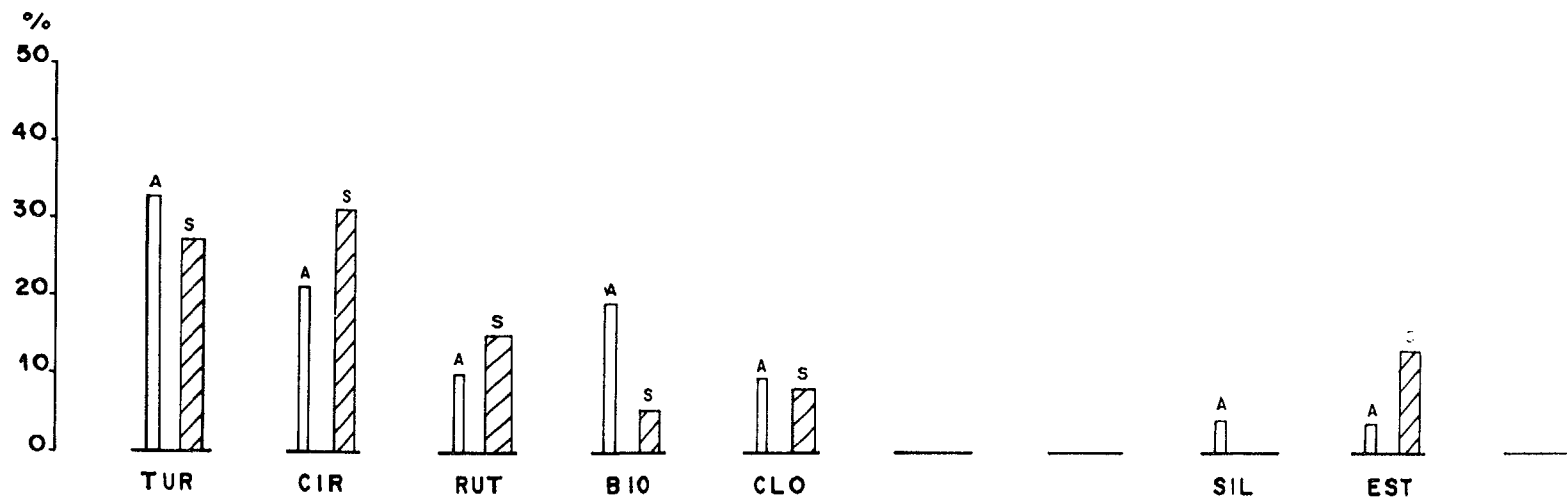


FIG.176. CONTRASTE MINERALÓGICO DE PESADOS ENTRE LOS ALUVIONES (A) DE LA TERRAZA +55-60 DE BOLTANA (B-5) Y EL SUELO ROJO (S) SUPRAYACENTE (B-4)

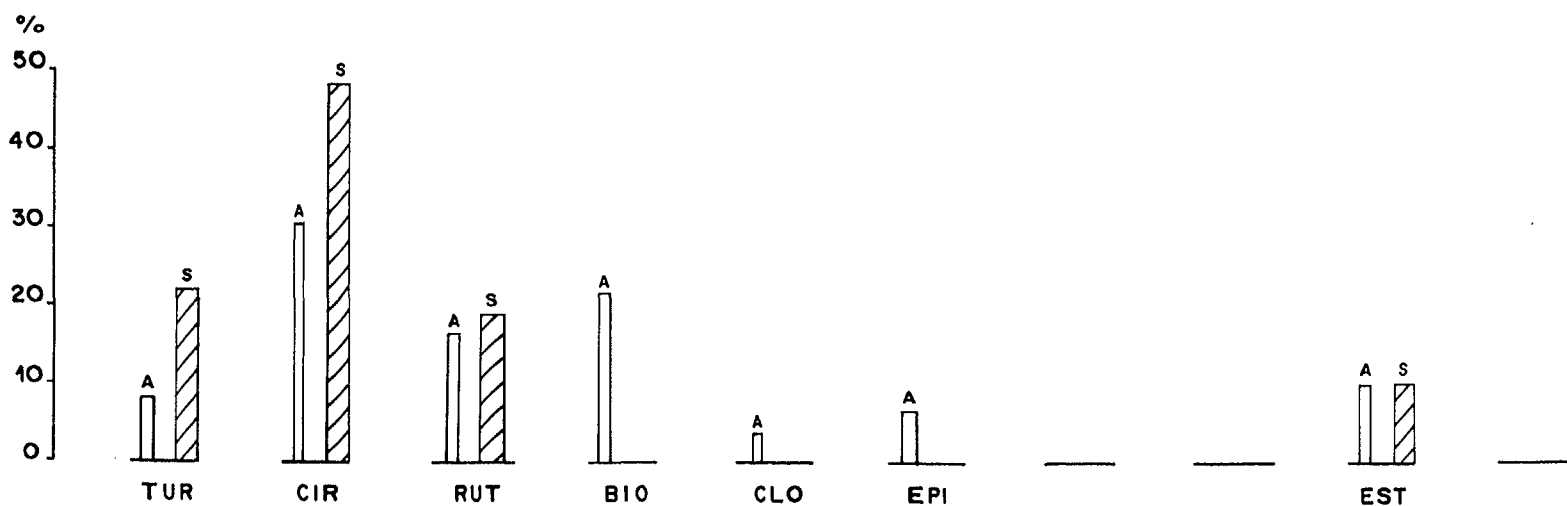


FIG.177. CONTRASTE MINERALÓGICO DE PESADOS ENTRE LOS ALUVIONES (A) DE LA TERRAZA +55-65 DE AINSA (A-3) Y EL SUELO ROJO (S) SUPRAYACENTE (A-7)

- Muchas de las fluctuaciones mineralógicas, que sufren las formaciones de un mismo perfil, están decididas por la influencia ejercida en los aluvionamientos por las contaminaciones laterales que han lavado los substratos geológicos y las formaciones edáficas y geomorfológicas. De este modo, se puede explicar que los limos subactuales arrastrados por el río Ara ofrezcan una composición mineralógica análoga a la que conforman las terrazas más altas de algunos perfiles.

Hemos podido comprobar que el rutilo es un mineral predominante de los aluviones arenosos del río Ara, pero no aparece en las partes altas del valle: ni en la morrena de Broto, ni en la llanura de inundación, incluso tampoco en el nivel actual de este perfil.

En las llanuras de inundación, a excepción de la instalada en la parte más baja del valle (Ainsa A9) está siempre representada la fracción de minerales procedentes del metamorfismo. Entre ellos, el más frágil, la andalucita sólo aparece en la zona más alta estudiada, Broto.

En los aluviones el contenido de mineral inestable es alto, especialmente en el caso de la biotita, epidota, clorita, y hornblenda. Sin embargo, si advertimos las características mineralógicas de los suelos que sobre ellos se apoyan, advertimos cierta o total eliminación de estos minerales, lo que ocasiona un aumento, por concentración de aquellos que son más resistentes (turmalina y circón). En ocasiones J2 y J3 llaman la atención como la formación edáfica que contiene elementos más frágiles, a diferencia de sus aluviones infrayacentes no lo contienen (Fig.172); es este uno de los típicos fenómenos que el coluvionamiento se puede advertir a partir de la mineralogía.

En el conjunto de la cuenca, la zona de Planillo constituye un importante aporte de minerales metamórficos como puede advertirse en la constitución de los conos de la zona.

Características de la mineralogía de arcillas.

Cuantitativamente, las arcillas que se disponen en la cuenca del Ara, modelada en numerosos sectores sobre las formaciones de flysch, no son muy abundantes. Y lógicamente, dependiendo de esta naturaleza geológica la arcilla dominante, es la illita (HUBSCHMAN, 1975).

La caolinita también está presente en los aluvionamientos y suelos de la cuenca del Ara. Esta variedad arcillosa ha sido muy utilizada, desde hace tiempo en Geomorfología, como indicador paleoclimático (dadas las condiciones más o menos precisas que deben reunir los medios ambientales para su génesis, especialmente relacionados con los climas húmedos y cálidos de los dominios intertropicales) y por su vinculación con la alteración de feldespatos y también de biotita.

En el Pirineo francés, se sabe desde hace más 30 años que la caolinita es abundante en los niveles de terrazas del Mindel y del Cuaternario antiguo (ALIMEN et al., 1964). No obstante, las interpretaciones establecidas a partir de este hecho difieren notablemente: para unos (ALIMEN et al., 1964), esta caolinita es el resultado de una intensa alteración que han soportado estos aluviones durante el Cuaternario antiguo y medio; para otros (THIEBAULT, 1970; LATOUCHE, 1971, etc.), esta arcilla proviene del lavado de los materiales geológicos que conforman las cuencas y por tanto es de origen heredado, perteneciendo a otras situaciones temporales y paleoclimáticas diferentes. A la misma opinión se ha llegado en Macizo Central Francés, donde la caolina no ha sido identificada como un producto de la edafogénesis cuaternaria, sino que su integración a los aluvionamientos, ha sido vinculada al hecho de que se ha incorporado a partir de las formaciones geológicas adyacentes (DEJOU, et al., 1970).

Por nuestra parte, los datos obtenidos en el río Ara, sintetizan las dos opiniones. Los aluviones actuales ofrecen una asociación de minerales arcillosos paralela y muy similar a la que,

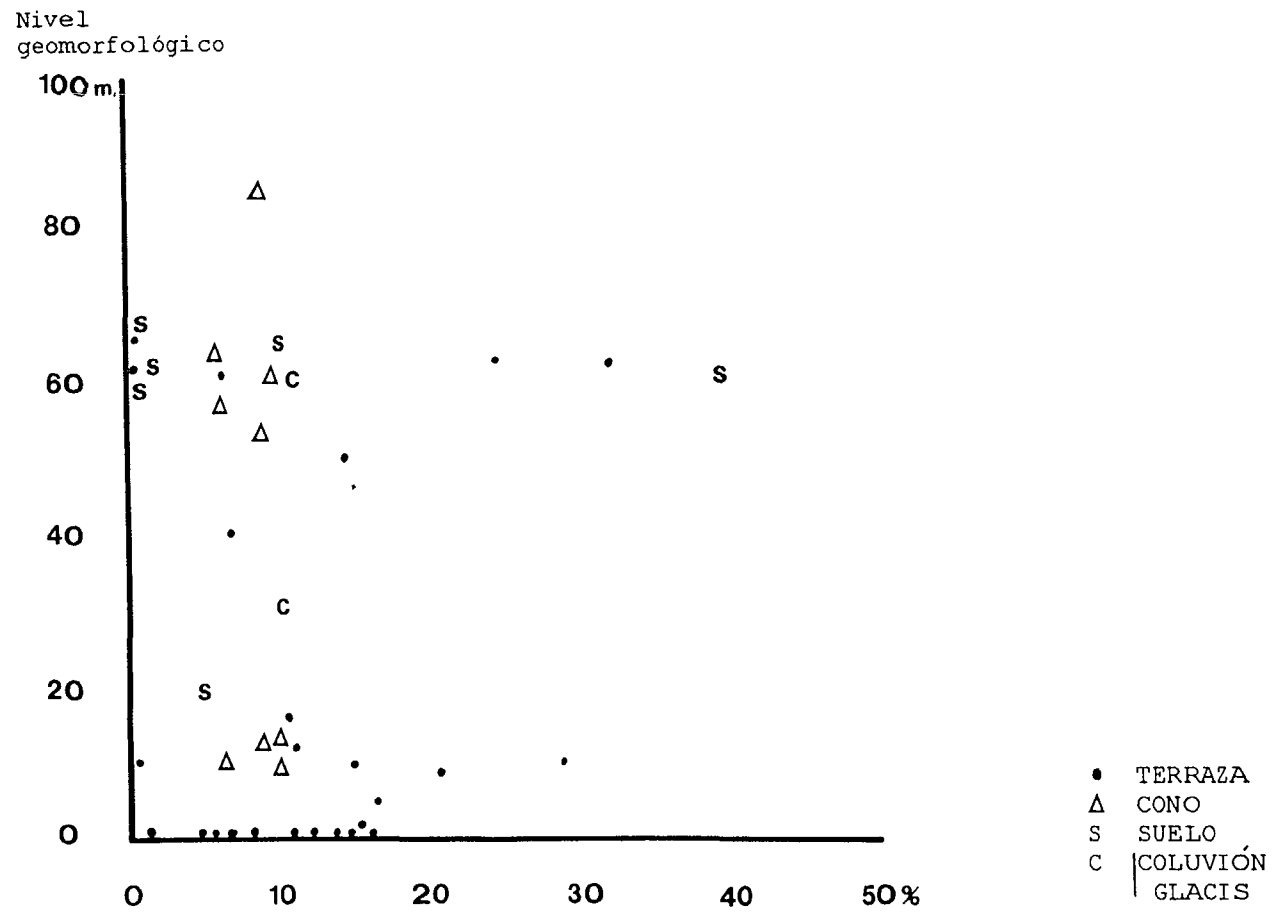


FIG. 178. PORCENTAJES DE CAOLINITA EN FUNCION DE LA ALTURA Y ANTIGUEDAD DE LA FORMACIÓN.

extrañamente, ofrecen los niveles más altos y antiguos de la cuenca; ello no hace más que reflejar la influencia decisiva que los substratos geológicos han tenido a la hora de explicar la composición de arcillas de estos lugares. Sin embargo, la presencia más elevada de caolinita en algunos niveles altos del Ara (Fig.178) parece sugerir unas condiciones climáticas templado-húmedas más agresivas que condujeron a una alteración algo más eficaz que incrementaron los efectos de su lenta evolución geoquímica.

Hierro: color y rubefacción.

El color y la rubefacción han sido considerados, desde hace algún tiempo, como uno de los indicadores paleoclimáticos a utilizar en Geomorfología a la hora de intentar conocer los ambientes del Pleistoceno y de épocas anteriores. Sin embargo, en los últimos años, su valor como testigo ha quedado algo desvirtuado ya que se ha constatado que a veces estos atributos geoedáficos han podido ser ocasionados por procesos de orden azonal; entre ellos, el más citado es la hidromórfia, dada su elevada capacidad de distribuir el hierro por toda la formación superficial o por el perfil edáfico. También, es de sobra conocido que existe una nítida relación entre el color de la muestra y su contenido en hierro, especialmente como hierro en su forma libre.

Dada las tonalidades rojizas y el intenso grado de rubefacción que muestran los suelos que se apoyan en algunos niveles geomorfológicos hemos analizado el hierro total, el hierro amorfo, y el hierro cristalizado para, con las debidas precauciones y limitaciones metodológicas, utilizar sus parámetros para conocer y precisar el marco geo-ambiental y el grado de evolución que ofrecen los materiales pertenecientes a los aterrazamientos, conos y glaciares, formaciones edáficas, etc. que se insertan en la cuenca del río Ara.

En primer lugar, diremos que el hierro procede de una serie de minerales originarios, como las micas, los anfíboles, los óxidos

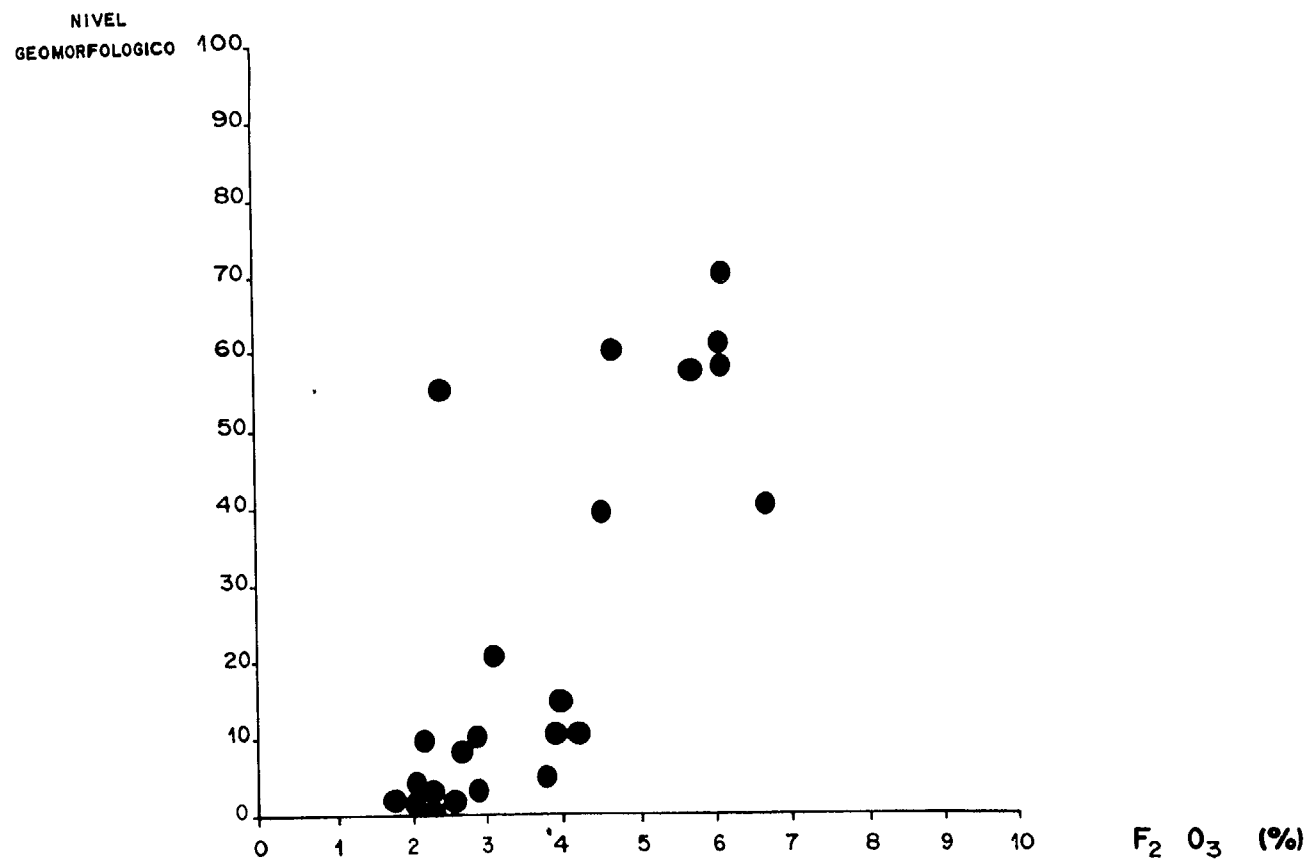


FIG. 179. SINTESIS DE LAS VARIACIONES DEL CONTENIDO DE HIERRO TOTAL ($F_2 O_3$)
EN LOS ATERRAMIENTOS Y TERRAZAS DEL RIO ARA

metálicos, etc. De aquí que, a concentraciones de hierro total, que ofrecen los sedimentos pleistocenos de esta cuenca pirenaica, se encuentren fuertemente condicionados por la naturaleza geológica de la misma y en esencia por la abundancia de minerales ferruginosos que contengan sus roquedos. De modo genérico, el contenido de hierro total (ferroso y férrico) en los suelos varía entre el 1% y el 5%, habiéndose establecido el valor medio en 3,8% (COBERTERA, 1993). Sin embargo, los porcentajes que expresan numerosas muestras del Ara son más elevados, aunque dentro de una normalidad asociada a la naturaleza litológica de los materiales geológicos que afloran en este valle; así, en terrenos donde abundan granitos, rocas metamórficas o elementos dolomitizados, las tasas de hierro total fluctúa entre el 4% y el 12% (AUBOUIN, 1980).

Desde el punto de vista cronológico se puede decir que existe una nítida correlación entre la edad tanto de las terrazas como de los suelos que soportan y el contenido en hierro total que sin embargo, no se advierte en los conjuntos detríticos de aporte lateral, tales como conos, glaciares, coluviones. Ello permite sugerir ciertos hechos evolutivos, paleoclimáticos.

En efecto, en los arrastres actuales (barras y llanuras de inundación) del río Ara, los contenidos totales de hierro son muy bajos y siempre inferiores al 3% (Fig.179). Idéntico comentario podría aplicarse a las terrazas bajas y techos altimétricamente situados entre +4 y +20 m.: los porcentajes también son moderados y se establecen en torno a dos núcleos, uno próximo a 3% y otro a 4%. Por el contrario, todas las terrazas situadas morfológicamente por encima de +20 m. tienen porcentajes más elevados (4,5%-7%) que se incrementan de modo progresivo con la antigüedad del nivel, exceptuando el comportamiento extraño de la terraza +55-60 m. de Boltaña (B5).

Esta evolución, ciertamente significativa, es también aplicable a las formaciones edáficas: así, las alentadas sobre las morfologías recientes (+10 - +20 m.) ofrecen valores inferiores a 3,5% de hierro total (Fig 180), que pasan a ser superiores al 5% en los

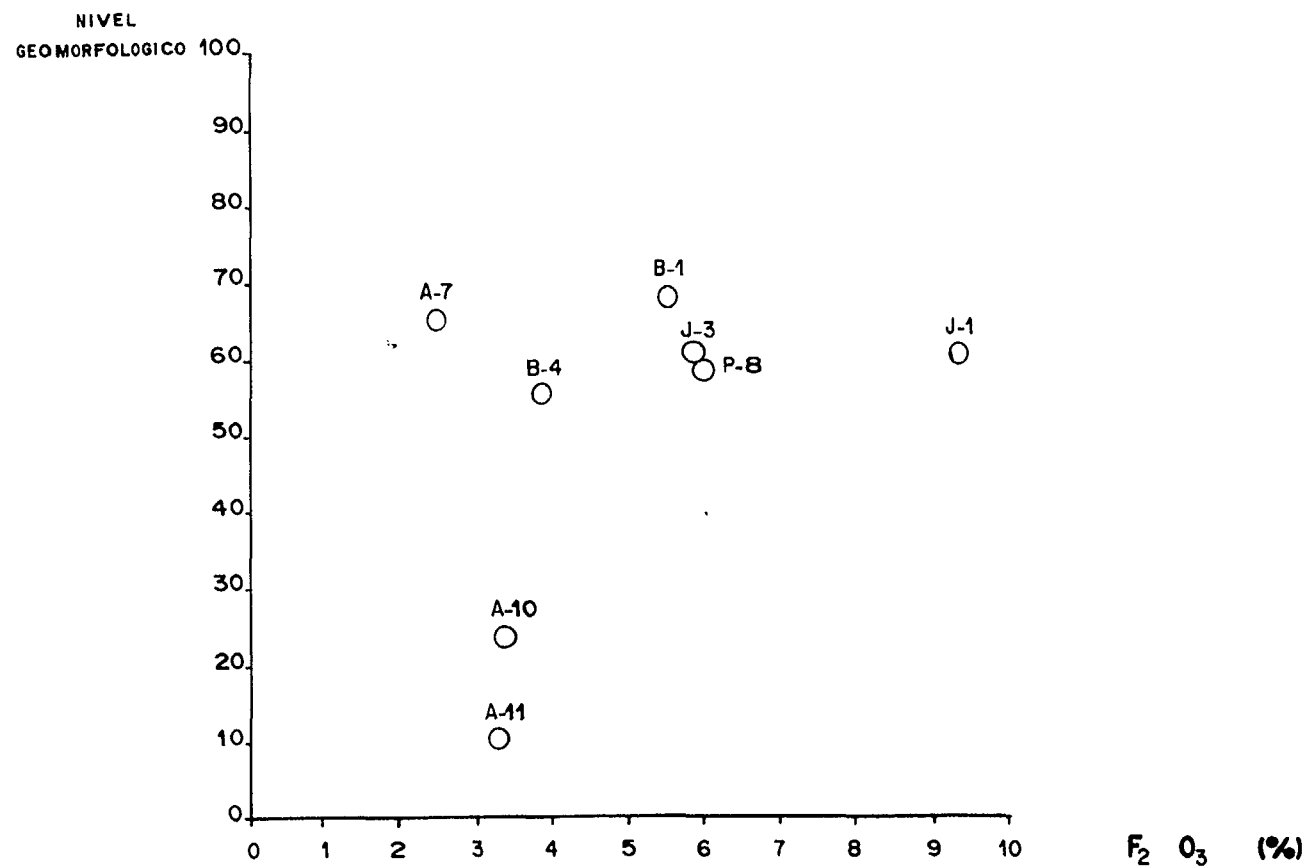


FIG.180.SINTESIS DE LAS VARIACIONES DEL CONTENIDO DE HIERRO TOTAL ($F_2 O_3$)
EN LOS SUELOS ANALIZADOS EN LA CUENCA DEL RIO ARA

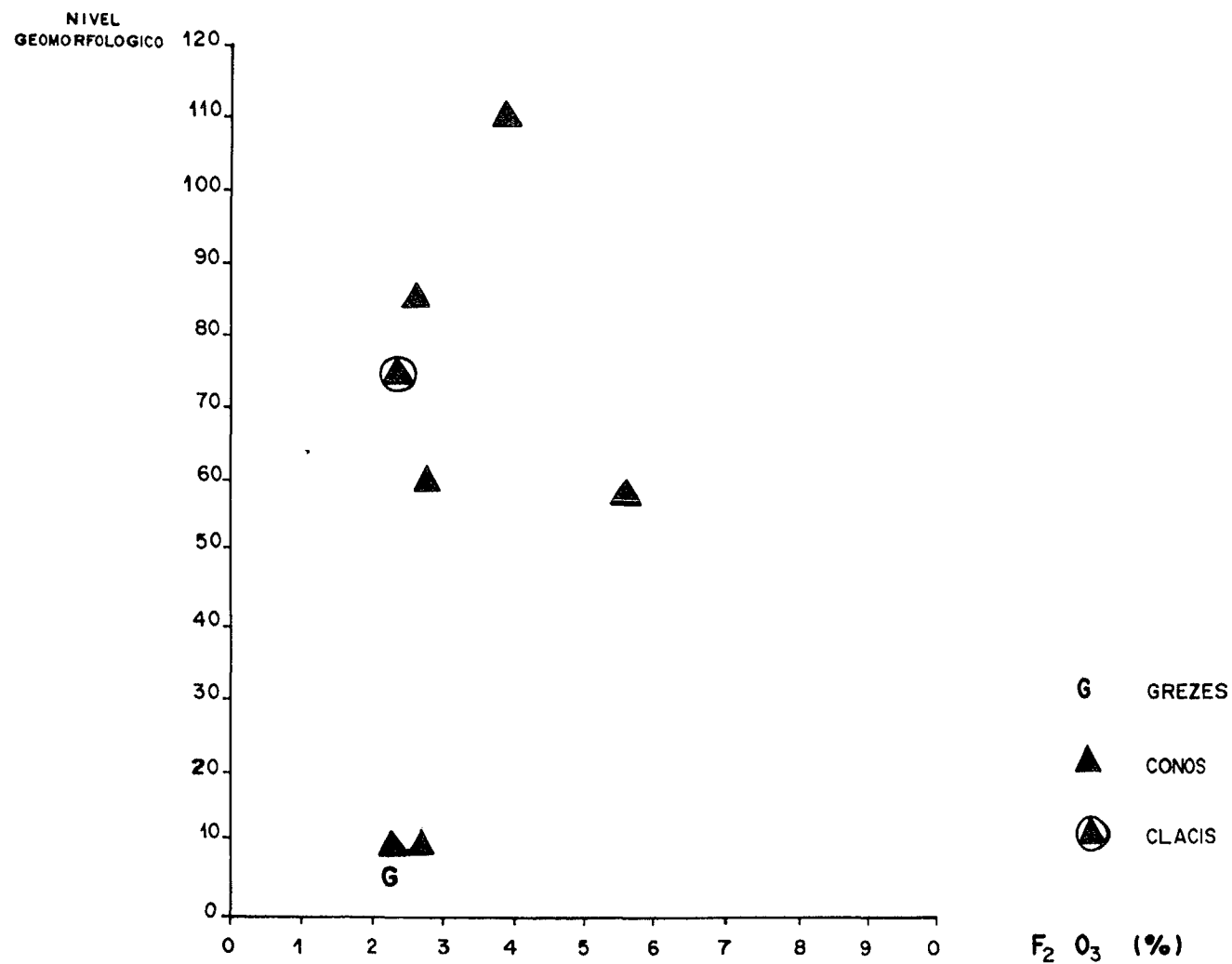


FIG.181. SINTESIS DE LAS VARIACIONES DEL CONTENIDO DE HIERRO TOTAL (F₂ O₃) EN LOS CONOS, GLACIS Y COLUVIONES DEL RIO ARA

suelos que se apoyan sobre los niveles más antiguos, próximos o superiores a +60 m. sobre el cauce actual. El porcentaje de hierro total más elevado de todas las muestras estudiadas en este valle alcanza 9,31% y se corresponde con un suelo apoyado sobre la T +58-64 m. (J1). De nuevo, una muestra asociada a un antiguo suelo sobre la terraza +65 m. de Ainsa (A7) escapa rotundamente a esta consideración, al ofrecer un valor anormalmente bajo (2,50%).

En general, estos suelos instalados sobre las terrazas más altas les hacen vincularse genéricamente a los "suelos rojos". La pregunta a plantearse es en qué medida estos testigos, tan típicos en las morfologías pleistocenas más antiguas del Pirineo español (valle del Gállego, valle del Aragón, etc.) y francés relativamente ricos en hierro pueden ser considerados como los testigos de episodios favorables a su desarrollo y en etapas anteriores al Pleistoceno reciente.

Tradicionalmente, en las montañas europeas estos procesos de rubefacción antiguos han sido hipotéticamente vinculados a climas de talante cálido y húmedo aunque con una estación seca más o menos acentuada responsable de la alteración de los minerales ferruginosos primarios y de la inmovilización del hierro en forma de óxidos e hidróxidos causantes del color rojo.

En lo que respecta al contenido de hierro de los conos, glaciais y coluviones (Fig.181) se advierte un nítido descenso de los valores con respecto a los de las terrazas y una cierta inercia a incrementarse en función de la antigüedad del conjunto morfológico. En efecto, todos los dispositivos laterales, independientemente de su antigüedad y margen del valle en la que se ubican, ofrecen casi idénticos contenidos en hierro, siempre inferiores al 3%. Sólo el nivel más alto (cono +110 m.) ofrece un contenido cercano al 4%. Esta sensible disminución está vinculada de modo muy notable con la naturaleza petrográfica de los aportes: los longitudinales arrastrados por el cauce del Ara incorporan abundante material eruptivo retomado de la cabecera o de los complejos morrénicos que son una importante

fuelle de hierro (micas, anfíboles, etc.); por el contrario, el contenido en hierro es mucho menor en los materiales terciarios de las vertientes del valle medio y final del Ara y que alimentan los arrastres laterales de los glaciis, conos y coluviones.

Análisis petrográficos y exoescofia de cuarzos.

El análisis de exoescofia de cuarzos, aplicado a fragmentos detríticos pertenecientes a las terrazas colgadas a más de 25 m. sobre el cauce del río, denuncia huellas de origen glaciario y fluvio-glaciario en las superficies de los granos. Este hecho pudiera ser un elemento para sugerir la existencia de una fase fría anterior al Pleistoceno reciente. Ahora bien, la confirmación de esta hipótesis debería estar avalada por estudios más amplios, que intentaremos realizar más adelante, con la inclusión de un análisis sistemático de todas las muestras correspondientes a los diversos perfiles estudiados en el río Ara.

VI. CONSIDERACIONES FINALES

VI. CONSIDERACIONES FINALES

1. FACTORES HIDROLOGICOS.

- La distribución mensual del caudal refleja el modelo de retención-fusión nival que caracterizan a las cabeceras de los ríos pirenaicos y que muestran caudales muy bajos durante el invierno hasta que se insinúan los comienzos de la fusión en el mes de Marzo. En los meses de Abril, Mayo y Junio, los aportes se elevan rápidamente al sumarse el efecto de la fusión al recrudecimiento de la actividad frontal, acercándose el caudal medio mensual al triple del anual durante el mes de Junio. Por su parte Agosto y Septiembre ofrecen las consecuencias de la sequía estival.

- Los aforos de Boltaña y Aínsa, al englobar superficies de cuenca más extensas, situadas a altitudes más bajas, poseen regímenes más ponderados, con una retención invernal mucho menor y caudales primaverales menos exagerados. En cabecera, puede definirse un régimen nivo-pluviales, mientras que en Boltaña y Aínsa, aunque mantienen en parte el carácter nivo-pluvial (sobre todo por el máximo de Junio), dan un peso creciente a las precipitaciones líquidas.

- En los meses de verano se produce un déficit de aportaciones pluviométricas, al coincidir las mínimas precipitaciones con las temperaturas más altas, lo que permite que los valores de la evapotranspiración potencial sean superiores a las precipitaciones.

- El río Ara y el Cinca se diferencian además del volumen aportado por cada río, favorable al segundo, en que el Ara posee un caudal en Noviembre muy elevado, y unas aguas primaverales inferiores a las esperadas, mientras que el Cinca los caudales de Mayo y Junio son los más altos. De los dos, el que presenta mayor torrencialidad es el río Ara (GARCIA RUIZ et al. 1985).

- Los estiajes son menos profundos en el Cinca que en el Ara; el retraso de los máximos hasta Junio se debe, en gran parte, a que la fusión nival es más tardía en estos valles centrales que en los occidentales por mayor tendencia "continental".

- Debido a las características de la cuenca (pendiente, escasa cobertura vegetal, alta densidad de drenaje, litología...) y al volumen de las precipitaciones, se producen importantes avenidas, no siendo casi nunca sincrónicas al conjunto del Pirineo Central. Estas crecidas suelen ser bastante frecuentes en el mes de Junio lo que, en definitiva, acentúa el carácter primaveral del fenómeno.

- La "interioridad" de la cuenca del Ara favorece la aparición de fenómenos tormentosos durante el verano que desencadena, a veces, violentas crecidas, a diferencia de lo que sucede en las cuencas occidentales. Esta torrencialidad inmediata, es uno de los factores que justifican el comportamiento y modelo geomorfológico "braided" que adopta el cauce del río Ara en algunos tramos.

2. PROCESOS Y FORMAS ACTUALES DEL RIO ARA.

A lo largo de este trabajo se ha planteado el estudio de la dinámica fluvial del río Ara como un sistema abierto, analizando las principales variables que lo configuran para determinar y poner de manifiesto la relación causa-efecto, o lo que es lo mismo, proceso-forma en el contexto del sistema de una cuenca hidrográfica.

2.1. LOS FACTORES QUE CONDICIONAN EL SISTEMA BRAIDED DEL RIO ARA

- Múltiples son los factores (hidrológicos, climáticos, sedimentológicos, etc.) que explican el trazado "braided" que se advierten en numerosos tramos del valle del Ara. Entre los más importantes destacamos:

- La existencia de fuertes pendientes en su cabecera, con cambio brusco de la componente longitudinal al llegar al sector de Broto-Sarvisé (antigua zona proximal de las aguas de deshielo durante la última etapa glaciár). Es en dicha zona, donde numerosos materiales aluviales proceden de la retoma de fragmentos pertenecientes a los complejos morrénicos.

- La capacidad de la cuenca del río Ara para producir cantidades importantes de sedimentos gruesos, lo cual motiva un exceso de material detrítico en su fondo. De acuerdo con los rasgos litológicos y topográficos de la cuenca, observamos que los barrancos tienen grandes posibilidades de abastecer de materiales gruesos, a veces incluso de forma masiva (ejemplo de ellos lo tenemos en los barrancos de Chaté y Sorrosal). Algunos factores estructurales que se manifiestan litológicamente son responsables de este hecho: el flysch eoceno con su estructura tableada y su litología areniscosa, facilita enormemente la alimentación detrítica del río.

- Corroborando la actividad de la cuenca como exportador de materiales gruesos en el pasado, se encuentran numerosos conos de deyección en el fondo del valle -algunos de ellos ya inactivos fosilizan antiguas terrazas- que pueden alcanzar notables dimensiones como "la llanura de Planduviar" en las proximidades de la localidad de Sarvisé.

- Por último, el reciclaje de los materiales aluviales que constituyen las terrazas del río Ara; estos procesos erosivos acontecidos por socavación lateral a partir de antiguas barras y sobre todo, de las terraza más bajas, han suministrado una enorme cantidad de material al fondo del valle. Ante estas circunstancias, la corriente del río Ara ha sido incapaz de transportar el exceso de carga que acontecía en múltiples tramos del valle. De aquí que el material se haya distribuido siguiendo el modelo planar propio de los ríos "braided".

Para concluir el último factor que destacamos es el dominio de un ambiente mediterráneo (DOUGLAS, 1962) que conlleva por un lado, fuertes pulsaciones de corriente con ocasión de intensas lluvias y aguaceros, y por otro, intensos deshielos primaverales en las zonas nevadas de la cabecera del valle.

2.2 CRECIMIENTO Y ORGANIZACIÓN ESPACIAL DE LOS SEDIMENTOS

Las barras y canales reflejan una historia compleja con múltiples episodios de deposición y erosión que originan diversos

subambientes fluviales (Fig.182) . En numerosas ocasiones se ha definido a dichos depósitos como "almacenes" de sedimentos (CHURCH y JONES, 1982; JAEGLI, 1987). Según esta interpretación, su formación es consecuencia de las condiciones locales de flujo (LEOPOLD et al, 1964) relacionadas a su vez con el tamaño de los sedimentos aportados en ese punto. Atendiendo a esta premisa, es lógico que la barra refleje las condiciones del caudal que dieron lugar a su formación. No obstante, la misma barra introduce nuevos elementos en el régimen hidráulico de la zona donde se instala: -bifurcación del caudal, aumento de la resistencia al flujo, ensanchamiento del canal, etc.- cuya consecuencia inmediata es la generación de alteraciones aún más localizadas que pueden llegar a enmascarar la situación que constituyó su origen. Dichas alteraciones en el régimen hidráulico son las responsables de la creación de distintos microambientes deposicionales (Fig.182).

Durante las fases de aplanamiento aluvial, asociadas al sistema braided, que ha dirigido el cauce del Ara en los antiguos fondos de valle, e incluso en el actual, se han movilizado todo tipo de partículas simultáneamente; desde bloques de cierto tamaño (90 cm) hasta los materiales más fino.

Las secuencias estratigráficas que se advierten, tanto en los conjuntos detríticos pertenecientes a niveles antiguos como en el lecho actual, son casi siempre muy similares:

- Predominio del material caótico a lo largo de la columna visible, debido a la fosilización progresiva de las barras.

- Presencia de algunos niveles que ofrecen nítidas variaciones granulométricas: unas veces de mayor tamaño y derivadas de la actividad de mecanismos de "debris flow" en el fondo de valle, asociados a intensas pulsaciones de la corriente; otras de granulometría menor y vinculada a la actividad de canales secundarios o los últimos estadios de las crecidas.

- Sólo esporádicamente, se advierten algunos bancos de naturaleza arenosa y que ofrecen una forma de cuña lateral. La ausencia o escasez de arenas finas, limos y arcillas, puede ser interpretada de dos maneras: la corriente es siempre más eficaz e

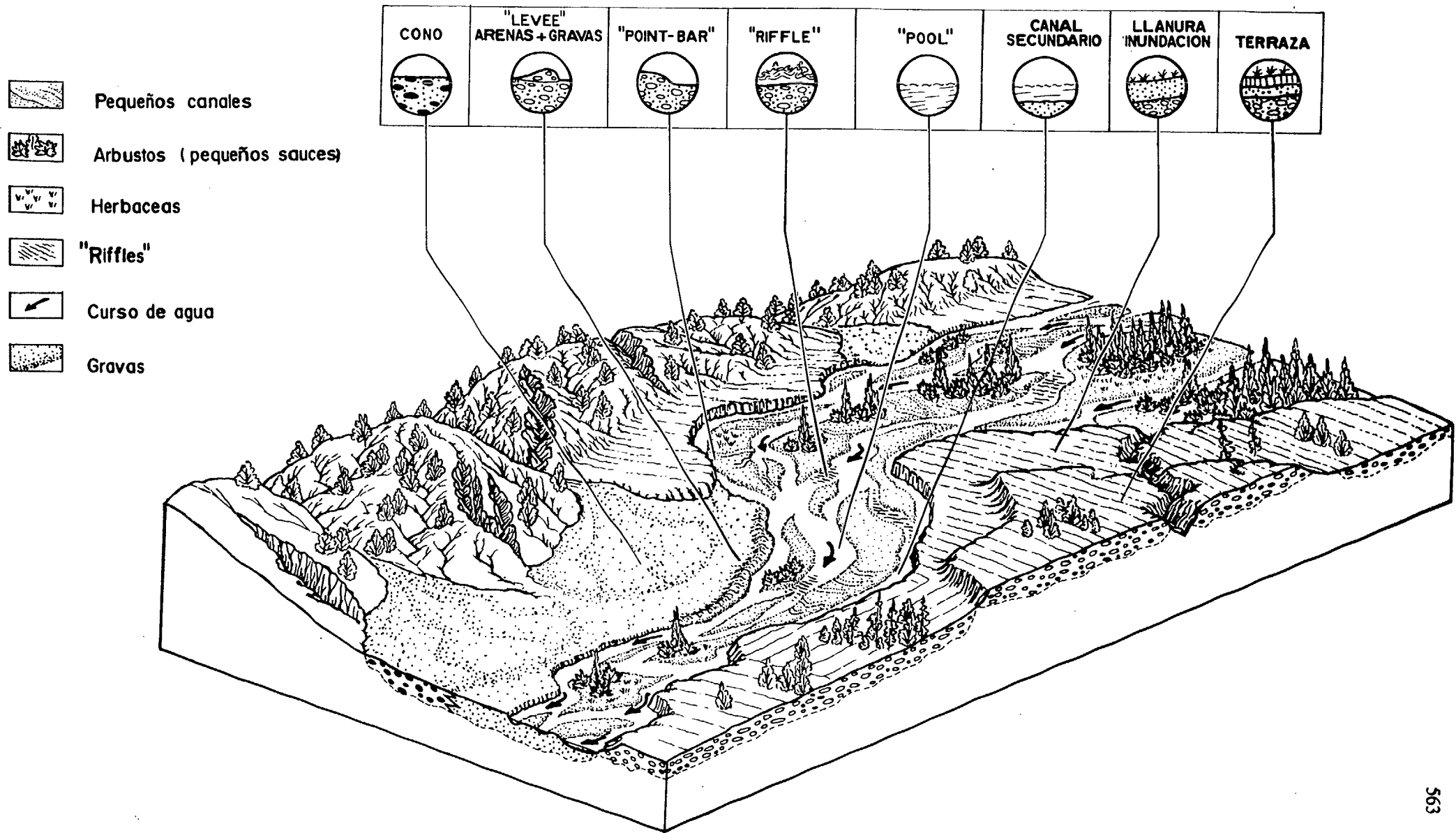


Fig. 182. Diferentes subambientes en un sistema "braided".

impide la sedimentación al transportar a estos hacia aguas abajo. O también, que el material fino, acumulado durante los períodos de débil competencia (estiajes) ha sido retomado y erosionado con ocasión de crecidas posteriores a los estiajes. En conjunto, este modelo "braided" del río Ara se asemeja al denominado tipo "Scott", caracterizado sedimentológicamente hace algunos años (MIALL, 1978).

- En el techo de cada terraza y también en el lecho actual no se advierte más que en contados casos una granoclasificación positiva, en la que progresivamente hacia arriba disminuye, poco a poco, el tamaño de los materiales aluviales; ello es un claro reflejo de un rápido descenso de la velocidad de la corriente en las fases finales de las crecidas.

El trazado "braided" del río Ara se forma fundamentalmente donde se deposita el material de arrastre al disminuir las fuerzas de tracción de la corriente. Las localizaciones óptimas para su ubicación son: el comienzo de una curva, donde se ensancha el canal o en las uniones de los canales. (SANJAUME et al. 1985). En los tres casos se produce una divergencia de flujo. Inmediatamente aguas abajo, la corriente converge de nuevo lo que provoca una incisión. En algunas zonas (sobre todo en el sector cercano a la localidad de Sarvisé) el río tiene un trazado con cierto aspecto meandriforme, es decir, segmentos curvos simples motivados en la mayoría de los casos con la llegada de importantes masas detríticas procedente de la aportación de torrentes y barrancos, colectores laterales del valle que obligan al río (al no tener capacidad de transporte) a someterse a ciertas incurvaciones.

En la cabecera de la barra se localiza el material más grueso y el mayor número de intervalos de frecuencia de tamaños: el simple choque de los cantos arrastrados contra el depósito significa su inmediata deposición a la vez que constituye un elemento de dispersión; sin embargo, la existencia de elementos mucho más pequeños exige una explicación basada en el comportamiento hidráulico del flujo. En efecto, la cabeza de la barra es invadida por el agua en momentos de crecida -indicando por otra parte, la deposición de un flujo de elevada energía (GUPTA y DUTT, 1987).

Por otra parte, los sedimentos del canal muestran un calibre superior al resto de los puntos muestreados en la barra y concuerda con los resultados obtenidos por SANJAUME et al. (1985) para cursos de régimen hidrológicos distinto.

En la mayoría de los casos, el tamaño medio de los materiales en el centro de la barra es sensiblemente inferior a los muestreados en las márgenes laterales de la misma. El centro de la barra resulta más inaccesible de las aguas de avenida -ya que es la zona topográficamente más elevada- por lo que no actúan aquí los mecanismos de selección y expulsión.

En la punta terminal de la barra se observan dos procesos:

- El primero es que los sedimentos más finos se depositan en la punta de la barra de acuerdo con la gradación del tamaño de material desde la cabecera hacia dicha punta. Los intervalos de frecuencia de tamaño de los cantos es menor aguas abajo, producto de las condiciones de transporte muy disminuidas por la bifurcación del canal y el aumento de la resistencia que ofrece la propia barra.

- Un segundo aspecto, que a veces pasa desapercibido, es que en esta punta terminal vuelven a confluir los flujos, provocando un aumento de la energía y por tanto una fuerte erosión en dicha zona. En numerosas barras hemos encontrado escarpes que llegan a medir hasta un metro y medio de altura sobre el nivel del río.

Por otra parte, el uso de la Proyección Estereográfica nos ha permitido determinar la dirección de los flujos de corriente que han intervenido en la composición y construcción de las barras analizadas, así como detectar que las márgenes tienden a incrementar el tamaño medio del sedimento en las zonas donde se sitúa el canal principal.

La organización espacial de los sedimentos se observa en los dos sectores estudiados. Únicamente detectamos algunas diferencias en Aínsa basadas en un ligero aumento de las dimensiones de las barras y una disminución del tamaño de los materiales que las componen. Respecto al primer aspecto, puede deberse, a que las barras son más estables debido al menor aporte de materiales y a un perfil longitudinal del río muy suave. Desde el punto de vista granulométrico

el material es más pequeño porque el transporte longitudinal y lateral ha sido mayor. No olvidemos que nos encontramos muy cerca de desembocadura y que las vertientes están mucho más alejadas y son más suaves que en el sector de Broto.

El estudio de los tipos de barras de ambas zonas, demuestran el predominio de barras compuestas entre las que predominan las longitudinales sobre todo en la desembocadura. Dichos depósitos, corresponden a grandes dimensiones, sometidos a varios ciclos de construcción y destrucción, y donde es frecuente ver como la vegetación limita y separa los ambientes más antiguos de los más recientes. Según SMITH (1970) la formación de barras longitudinales se ve favorecido cuando el sedimento es grueso y está mal seleccionado.

En el sector de Broto predominan más los depósitos de "point bars". Son barras simples generalmente, vinculadas a tramos fluviales no excesivamente anchos y con gran aporte de sedimentos (es frecuente encontrarlos en las desembocaduras de los barrancos o inmediatamente aguas abajo de estos). Se asientan en la curvatura de los meandros, donde el río ve superada su capacidad de transporte por el aumento de sedimentos.

Durante este estudio hemos comprobado, por tanto, una clara relación entre las descargas de agua, el tamaño del sedimento transportado y el tipo de barra y estructura (interna) resultante. No obstante, aunque existe unas pautas generales de crecimiento de las barras, existen factores que desvirtúan estos modelos como por ejemplo: el trazado del cauce, la forma y posición de la barra respecto al mismo, y las direcciones predominantes del agua en época de avenida. Cualquier ligera modificación del cauce puede dar lugar, en última instancia, a un cambio en el sentido de la movilización de los sedimentos y a una paralización o alteración de la construcción de las estructuras sedimentarias.

2.3 EVOLUCIÓN DEL TRAZADO DEL RIO ARA Y CINCA (1929-1988)

El análisis cartográfico de los ríos Ara y Cinca durante le presente siglo nos ha posibilitado conocer el comportamiento de los canales y depósitos "braided", sus relaciones con las laderas y

terrazas marginales, y la competencia establecida entre hombre y río por dominar la llanura aluvial. Respecto a los cambios más importantes experimentados por estos dos ríos en su hidrodinámica y en la estructura paisajística podemos desatacar:

- Ampliación del lecho fluvial como consecuencia de las avenidas 1937 y 1942, lo que demuestra la capacidad de los eventos extraordinarios para alterar las formas y dimensiones del cauce.

- Destrucción parcial e incisión de las terrazas mas cercanas al lecho fluvial, que posteriormente quedan inmersas en el cauce.

- Modificación, creación y destrucción de barras existentes en el lecho.

- Progresiva colonización vegetal con penetración masiva de árboles y arbustos con los que los cambios de trazado de los canales son menos frecuentes. Ello implica a su vez un rápido decrecimiento de la renovación de los sedimentos en el canal y una disminución del transporte de la carga de fondo.

- Por último, hay una reactivación de los procesos de transporte y sedimentación aguas abajo, cuando el río pierde potencia.

2.4. CONCLUSIONES ACTIVIDAD ANTROPICA

La actividad antrópica ha perturbado y continúa modificando la dinámica ecológica de los ríos. En nuestro caso, se han determinado las siguientes alteraciones del río Ara que a su vez se pueden considerar un reflejo de la actualidad fluvial pirenaica:

- Eliminación de la vegetación riparia con la consiguiente aumento del lecho fluvial y la paulatina pérdida de las llanuras aluviales.

- Alteración del perfil longitudinal y nivel de base local del río.

- Importante aumento de la sedimentación aguas arriba del embalse de Mediano.

- Disminución de la sinuosidad del cauce con incremento de la velocidad del flujo y de las fuerzas tractivas de la corriente.

- Ampliación del periodo de retorno de las avenidas y aumento de los picos de crecidas.

- Aumento del potencial erosivo con la consiguiente destrucción de la capa de "armuring" y socavación en algunas zonas del lecho fluvial.

- Eliminación de los depósitos de barras fluviales.

- Desaparición de la alternancia de "pools" y "riffles" provocando una reducción del hábitat de la vida acuática.

- Pérdida de la llanura de inundación como espacio natural que desempeña un papel de retención para amortiguar la amplitud de la onda de crecida (HYNES, 1970; WARD y STANFORD, 1979, DAVIES y WALKER, 1986).

- Y para finalizar, aunque no sería la ultima consecuencia pues la lista se podría alargar más, la disminución de la calidad del agua.

En todas estas repercusiones descritas se encuentra el mismo defecto de fondo: **no tener en cuenta la dinámica de los sistemas fluviales** y su funcionamiento ecológico y con ello, la imposibilidad de prever su futura evolución.

En realidad, el concepto clásico de ecosistema tiene mala aplicación a los sistemas fluviales, alargados en el espacio y a lo largo de los cuales se hacen y deshacen las relaciones más variadas entre hidrodinámica, geomorfología, química y biología, todos ellos interconectados como hemos podido ver en el capítulo correspondiente a este tema. Por todo ello es necesario hacer un esfuerzo de investigación suplementario para estar a la altura de poder prever la evolución que se desarrolla ante nuestros ojos.

Los ríos pirenaicos se hallan envueltos en el torbellino de una modernidad mal comprendida. Antes de intentar modificar y cambiar sus cursos, hay que conocer sus posibles repercusiones y para ello son necesarias más investigaciones que intenten entender su comportamiento. La eficacia de las decisiones sobre proyectos de acondicionamiento y mejora tienen que basarse sobre un conocimiento preciso de la dinámica de los paisajes fluviales; y este conocimiento sólo puede ser resultado de un trabajo que una estrechamente distintas disciplinas como: geomorfología, hidrología, ecología, economía, etc.

Toda investigación puede y debe desembocar en algún tipo de acción/resolución. Pero conviene separar una de otra porque la acción obliga siempre a elegir y dar un trato preferencial a un problema en función de una urgencia o de un largo plazo. "Las precauciones del científico son diferentes de las del político pero es una lástima que los políticos no hayan sido antes científicos capaces de juzgar por sí mismos" (DENDALETCHÉ, 1991).

3. TERRAZAS, GLACIS Y CONOS.

3.1 CONSIDERACIONES MORFOLÓGICAS.

- Los niveles de terraza del río Ara están ausentes en la cabecera del valle, mientras que en su tramo medio y final se localizan cinco niveles escalonados: el más alto se sitúa a unos +65-72 m. (perfil de Boltaña) y el más bajo a +4-6 m. Cronológicamente, los peligros de una datación de estos niveles aluviales por el exclusivo criterio de su altitud relativa, con respecto al cauce, ya han sido señalados repetidamente por numerosos autores, e incluso por los investigadores que han trabajado en el Pirineo (TAILLEFER, 1957; VIERS, 1966; HUBSCHMAN, 1975; PEÑA MONNE, 1983; etc.); ello se debe a los posibles cambios de altitud que una misma terraza puede registrar hacia aguas abajo y por la fragilidad del método en las zonas próximas al antiguo contacto de la masa glaciar y los aluvionamientos. Sin embargo, ante la ausencia de sólidos argumentos cronológicos (isotópicos, paleontológicos, arqueológicos, etc.), hay que señalar que los niveles escalonados y bien diferenciados del Ara, son el único testimonio que posibilita un marco de cronología relativa a la región,

al que se ha acompañado de otros datos sedimentológicos, mineralógicos, etc.

- Estas terrazas presentan numerosas interrupciones y discontinuidades, ya que desaparecen, por norma general, en todos aquellos tramos fluviales angostos. Sin embargo, allí donde ha sido posible determinar sus pendientes longitudinales hay que señalar que, salvo en el sector final del valle estos ofrecen un trazado bastante paralelo con respecto al cauce actual; sólo en la zona de Aínsa una mayor eficacia incisiva del cauce (vinculada posiblemente al encajamiento del Cinca) ha dejado a las terrazas altas colgadas a mayor altura que en los lugares sitios aguas arriba.

- Destaca el hecho de que el espesor de los diferentes niveles fluviales se mantiene relativamente constante en torno a los 6 - 8 m.; sólo excepcional y localmente, este espesor es sobrepasado o disminuye. Comparativamente, hay que señalar que estas potencias son las que también, por norma general, ofrecen los aluvionamientos actuales del fondo de valle, allí donde han podido ser controlados por sondeo.

- Los materiales detríticos localizados en el valle del río Ara y pertenecientes a varias generaciones de conos, situados a diferentes alturas y cartografiados en las proximidades de las desembocaduras de barrancos y torrentes, son otros de los posibles testigos polifásicos a la hora de reconstruir la evolución geomorfológica del valle. Además, genéticamente, estos aportes laterales han constituido un factor de primer orden durante las fases de sedimentación de cada nivel de terraza. Los conos situados a +100 m. por encima del cauce del Ara son las morfologías y los aluviones más antiguos de esta cuenca.

- Además de los conos, en las laderas del valle, han sido detectadas numerosas formaciones coluvionares de diversas facies geomorfológicas (crioclásticas, gravitatoria, solifluidal, etc.); éstas preferentemente ocupan los tramos de garganta más encajados e incididos. Entre ellos, la "cluse" abierta por el río Ara en el Anticlinal de Boltaña. Los depósitos más antiguos pertenecen a acumulaciones crioclásticas y estratificadas semejantes a las "grezeés litées" y cronológicamente las vinculamos al episodio pleniglaciario.

registrado durante el Cuaternario más reciente, en un momento en el que las laderas del valle estaban nada o muy poco cubiertas por la vegetación. El restos de las masas coluvionares son postglaciares e incluso actuales: acumulaciones de origen gravitatorio puestas en marcha por la influencia de condiciones (topográficas, estructurales, etc.) favorables para su liberación y transporte.

- Otros materiales de aporte lateral se asocian a antiguos y cortos glacis detríticos pertenecientes a etapas más antiguas del Cuaternario, al fosilizar los niveles de terrazas más altas del valle. Los fragmentos detríticos que arman estas morfologías parecen haber sido liberados por procesos crioclásticos.

- Un hecho muy importante, que abordaremos a continuación, es que sólo los materiales vinculados a los conos pasan lateralmente a las masas aluviales organizadas por el antiguo cauce del Ara. Los coluviones del Cuaternario reciente, o los fragmentos asociados a glacis más antiguos nunca se identan con los aluviones del Ara sino que los fosilizan.

3.2. NATURALEZA SEDIMENTOLÓGICA DE LOS ALUVIONES.

- Los aluviones de todos los niveles ofrecen gran semejanza en lo que respecta a sus características sedimentológicas (granulometría, litología y morfometría). Estas terrazas están constituidas por materiales de diversa procedencia (aportes longitudinales pero especialmente aportes laterales) dispuestos de modo caótico o poco estratificado. Por ello predominan las facies aluviales "Gms" y "Gm".

- Las características de estos aluviones y la ausencia de estructuras sedimentarias denuncian el comportamiento hidrodinámico que ha controlado la etapa de construcción de cada terraza: fuertes pulsaciones de corriente capaces de movilizar grandes masas de cantos y gravas e incluso de algunos bloques.

- Idéntica interpretación denota el análisis de las arenas, su distribución y clasificación.

- Los análisis de estructuras y la sedimentología de aluviones no han permitido identificar materiales de origen fluvio-glaciar en toda la zona estudiada, ni siquiera en el tramo del valle en el que se instalan los dispositivos morrénicos del Cuaternario reciente.

3.3 CONSIDERACIONES MINERALÓGICAS.

- Respecto a la mineralogía de la fracción fina que componen los aluvionamientos hay que señalar un claro predominio de las fracciones ligeras sobre las pesadas, lo que denuncia una acentuada vinculación con las características petrográficas de los afloramientos geológicos que componen la cuenca de este río pirenaico: predominio de carbonatos, cuarzos y filosilicatos.

- En cuanto a la fracción pesada, se advierte una acentuada "madurez" que contrasta con los datos de algunas cuencas francesas. Efectivamente, no existe una composición progresivamente más evolucionada conforme nos situamos en terrazas más antiguas: incluso cabe señalar un cierto paralelismo entre los aluviones actuales y los niveles más altos. La causa puede estar debida al reciclaje que los aluvionamientos y los procesos de ladera han tenido siempre en la cuenca, contaminando los niveles que se hallaban en proceso de formación.

- La mineralogía de pesados en los suelos que se apoyan sobre los aluviones, son generalmente, muy semejantes. Los procesos de alteración y edafogenéticos, normalmente, han eliminado los minerales más inestables, lo que se traduce en un incremento de los más resistentes, como la turmalina y el circón.

- El análisis de la mineralogía de arcillas vuelve a detectar la influencia que los procesos de coluvionamiento han tenido a lo largo del Cuaternario: la arcilla dominante es la illita como corresponde a una cuenca labrada esencialmente en formaciones de flysch. Junto a la illita, la caolinita nos ofrece algunos datos de consideración: su presencia en porcentajes más elevados en algunos niveles de terraza altos refleja, además, una influencia de los

substratos geológicos, unas condiciones climáticas de rango templado-húmedo algo más agresiva que conllevará una alteración más eficaz.

3.4. FORMACIONES EDÁFICAS.

Aunque no ha sido uno de los objetivos planteados en esta Tesis, ciertas observaciones advertidas en las formaciones edáficas, en sus horizontes y en la constitución de su matriz fina han permitido caracterizar mejor ciertos hechos morfológicos y evolutivos.

- Los niveles del fondo de valle actuales e incluso la terraza más baja muestran una evolución edáfica mínima e imperceptible con una nítida ausencia de perfiles diferenciados y tan solo con algunos carbonatos, más o menos difusos, dispuestos en el muro de la formación, como consecuencia de un cierto lavado.

- Por el contrario, los suelos que coronan las terrazas más altas, especialmente en el tramo final (alrededores de Aínsa), ofrecen perfiles con horizonte "Bt" que permite asociarlos genéricamente a "suelos rojos mediterráneos". Se trata de un auténtico paleosuelo (asociado a unas condiciones posiblemente más cálidas que las actuales y bajo un régimen pluviométrico algo más elevado pero también más contrastado), que se manifiesta en el tramo final del río Ara y que desborda su ámbito geográfico al asentarse en otras cuencas próximas (Cinca y Aragón).

- Entre estos niveles, los suelos que se apoyan sobre las terrazas intermedias presentan siempre sus perfiles muy deteriorados, a consecuencia de los fenómenos erosivos que sobre ellos ha tenido lugar con el paso del tiempo; pero sobre todo por la incidencia reciente de la agricultura, que ha instalado sobre estos niveles fluviales sus principales terrazgos agrícolas. Allí donde se conservan algunos testigos es posible identificar a suelos pardos, más o menos lixiviados.

- No obstante, la abundancia de materiales carbonáticos en la cuenca y su continuo reciclaje a partir de los procesos geomorfológicos que en ella tienen lugar determina una cierta inercia

edafogenética favorecida por unas precipitaciones moderadas que impide el desarrollo y lavado de los perfiles del suelo.

- Cronológicamente, existe una correlación entre la antigüedad y altura del nivel fluvial y del suelo situado en su techo y del contenido en hierro total.

- En conjunto, las características que ofrecen y separan por un lado, a los suelos poco o nada evolucionados de las llanura de inundación actuales y de la terraza más baja y por otro, a los suelos rojos, con horizonte "Bt" bien desarrollado, de las terrazas altas sugieren un modelo de evolución temporal progresiva de más joven a viejo. No obstante, ésta ha sido interferida por condiciones paleoclimáticas, que han jugado un papel de cierta importancia, al implicar la edafización de los suelos rojos, como lo demuestra su neta estructura, su coloración por la liberación de óxidos de hierro, su textura arcillosa, etc.

3.5. ASPECTOS REGIONALES.

Desde el punto de vista regional, no deja de ser interesante que la cuenca del Ara presente, como otras cuencas fluviales, cuatro o cinco generaciones aluviales construidas a lo largo del Cuaternario. Falta el nivel +100 m., hecho ya señalado por HERNANDEZ (1991).

- La disposición escalonada de las terrazas, agua abajo de los complejos morrénicos de los valles pirenaicos de la vertiente francesa y española, es el resultado de un conjunto de procesos desarrollados dentro de las diversas morfogénesis cuaternarias que fueron controladas por los cambios climáticos que se sucedieron desde el final de los tiempos terciarios.

- Los aluviones de los ríos pirenaicos franceses ofrecen diferente composición petrográfica y mineralógica, así como distinta textura de la matriz (ALIMEN et al., 1964). Estas modificaciones han sido controladas por la antigüedad de cada depósito o nivel fluvial, de la alteración superficial y de su ubicación en el tramo alto o medio del valle (ICOLE, 1973). En la cuenca del río Ara la homogeneidad que ofrecen los distintos niveles es realmente muy

acusada, no sólo a este respecto, sino en todos los aspectos sedimentológicos (granulometría, litología, morfometría, etc.).

En la vertiente francesa, se advierte un decrecimiento progresivo de los tamaños de los cantos desde los niveles más antiguos del Cuaternario hasta los más recientes. Ello sugiere a algunos autores (ICOLE, 1974) que los caudales han sido alimentados de un modo más regular en el cuaternario reciente y por tanto, ha existido una cierta capacidad de evacuación de su carga hacia aguas abajo. Por el contrario, las terrazas del Cuaternario antiguo, con cantos de cierto tamaño, sugieren que la dinámica fluvial de aquel entonces, estaba peor alimentada y con caudales más irregulares; de aquí que se haya señalado que las fases climáticas del Riss y Würm hayan sido además de frías francamente húmedas y que los tiempos cuaternarios anteriores conocieran la presencia de climas de tendencia semiárida, con una humedad mal repartida a lo largo del año. Estas tendencias ambientales no fueron más que una continuación de los momentos rexistásicos acentuados que dieron lugar en el Plioceno, a la "Formación Lannemezan". Como hemos señalado en el párrafo anterior, los aluvionamientos del río Ara no se ajustan a este modelo, ya que granulométricamente todos los niveles fluviales ofrecen mínimas diferencias.

La mayoría de los investigadores que abordan las cuencas fluviales pirenaicas francesas y españolas aplican una edad glacial a los niveles de aluvionamiento. Esta cronología es teóricamente factible allí donde se advierta un nítido paso morfológico y sedimentológico entre los materiales morrénicos terminales y los aluviones fluvio-glaciares y aún así las discusiones y la polémica envuelve todavía ciertas interpretaciones.

Sin embargo, aplicar este criterio genético y cronológico a todas las cuenca pirenaicas en las que no existe esta transición glacial - fluvio-glacial como acontece en casi todas las cuencas de la vertiente meridional (incluida la del Ara), nos parece sumamente arriesgado. En efecto, aplicar a todos estos valles el modelo de que las fases de aluvionamientos coinciden con las etapas glaciares (y por tanto, sus materiales son fluvio-glaciares) mientras que las fases de incisión y encajamiento fluvial se correlacionan con los momentos de retroceso de las masas de hielo, no parece ser un método

geomorfológico fiable: no se puede generalizar, ni extrapolar para todas las cuencas el mismo funcionamiento y además, identificar como "fluvioglaciares" los aluvionamientos sin examinar sus características sedimentológicas y sus estructuras, simplemente por el hecho de que se localizan aguas abajo de los deteriorados depósitos morrénicos.

Estos criterios de datación se encuentran en crisis, después de que el modelo climático cuaternario en el que alternaban grandes fases glaciares e interglaciares, con sus largos interestadios, haya sido puesto en evidencia por nuevas observaciones morfológicas e isotópicas. Morfológicas porque en determinados dominios glaciares europeos cercanos concretamente en el piedemont septentrional de los Alpes, se ha identificado la presencia de trece auténticas terrazas fluvio-glaciares que denuncian la existencia de otros tantos estadios glaciares (BILLARD, 1987); isotópicamente porque este tipo de análisis aplicado a los fondos marinos del mediterráneo y a las acumulaciones tobáceas de este dominio están demostrando la alternancia de múltiples periodos, de corta y mediana duración (estadios isotópicos), de climas cálidos (más o menos húmedos) y fríos.

¿Bajo que condiciones ambientales se han desarrollado las etapas de sedimentación e incisión dirigidas por el cauce del Ara durante el Cuaternario?.

Los testigos morfológicos, sedimentológicos, mineralógicos, etc. nos sugieren que la sucesión y alternancia de etapas de biostasia y rexistasia constituye el modelo ambiental que mejor define las grandes líneas de evolución morfoclimáticas de esta cuenca durante el Pleistoceno. Las características de los testigos nos hacen pensar, como en otras zonas peninsulares, en la existencia de un prolongado eje ambiental de rango mediterráneo, no muy diferente del actual que se ha visto interrumpido por algunas etapas especialmente frías y otras posiblemente muy cálidas.

- Los momentos fríos son denunciados por los depósitos crioclásticos de los glaciares, por las acumulaciones de grèzes lités del Cuaternario reciente y por las huellas glaciares que de este momento ofrece la cuenca del Ara en su tramo alto; durante su transcurso las cubiertas vegetales se enrarecieron o desaparecieron, lo que conllevó una acentuada ruptura de fitoestabilización de las

vertiente. Bajo estas situaciones, los procesos de ladera favorecidos por los enormes desniveles y las acentuadas pendiente, y sobre todo, por la elevada fragilidad de los substratos geológicos que desalojaron abundante material como lo demuestra la escasez de depósitos crioclásticos pleniglaciares de la última etapa fría, la ausencia casi total de formaciones edáfica antiguas y el reciclaje de materiales que se advierte en los análisis mineralógicos.

- Los periodos más cálidos y húmedos están atestiguados por el paleosuelo que corona la terraza +55-65 m.

El examen morfológico del valle permite comprobar que las fases de incisión fluvial han sido mucho más eficaces que la de sedimentación, que al parecer han sido pocas y de escasa duración en la cuenca del Ara, a la vista del número de niveles y de sus espesores aluviales.

Dicho examen nos lleva a centra nuestra atención en tres tramos:

- Zona de Broto-Sarvisé, en la que se instalan las morrenas del máximo glaciar del Cuaternario reciente.

En estos parajes, como ya se comentó, las acumulaciones morrénicas están totalmente desconectadas de los aluvionamientos que se instalan aguas abajo y que se localizan preferentemente en el fondo del valle; éstos al ser actuales o subactuales no muestran de ningún modo, las características típicas de los materiales fluvio-glaciares: son de naturaleza fluvio-torrencial, con estructuras en montón y desgastes muy superiores a los verdaderos aluviones fluvio-glaciar. Cabe, sin embargo, una pregunta a la vista de los espesor (50-60 m.) que ofrecen los materiales detríticos que rellenan el fondo del valle, en estos lugares y detectados por los sondeos realizados: ¿los depósitos que se alojan en profundidad y sepultados por los aluviones actuales son morrénicos, fluvio-glaciares o idénticos a los que afloran en la superficie del lecho actual?.

- Aguas abajo de Sarvisé, el río Ara se interna en una profunda y estrecha garganta hasta llegar a las inmediaciones de Fiscal. Aunque este tramo del valle fue labrado, en opinión de algunos

antiguos geomorfólogos (PENCK 1885; PANZER, 1948) por los hielos, no se encuentra ninguna evidencia morrénica ni morfológica nítida que permita asegurar esta opinión. Lo que si se advierte, de modo muy claro, es que a lo largo de este recorrido tampoco existe rastro de los niveles de aluvionamiento antiguos y sólo en el fondo del valle y de modo más o menos continuo aparece un nivel +4-5 m. que está formado, también, por materiales de naturaleza fluvio torrencial.

- Aguas abajo de Fiscal comienzan poco a poco a advertirse los diferentes niveles de terraza que han sido estudiados y surgen nuevas dudas: ¿existiría algún enlace entre las acumulaciones enterradas en el fondo del valle del tramo alto y alguno de los niveles bajos de estos aterrazamientos?. Es muy difícil responder a esta cuestión, porque extrapolar y asociar niveles en uno y otro tramo cuando las características de los aluviones son siempre tan homogéneas puede resultar muy aventurado. Por ello, la cautela que debe acompañar a todo estudio morfológico, cuando se presentan tantos hechos dudosos aconseja no llevar a cabo ninguna asimilación morfológica.

La primera conclusión a señalar de este tramo es que tampoco se cumplen rígidamente las premisas del modelo de las terrazas climáticas; este sugiere que el cauce de aquellos ríos cuyas cuencas se encuentran bajo condiciones de fitoestabilización efectúa nítidas acciones de incisión. Nada de estos procesos se advierten en el valle del Ara: el examen de la llanura actual nos indica que posiblemente desde el final de los tiempos glaciares su cauce ha conocido procesos más tendentes a la sedimentación de materiales aluviales y a modelar la planitud de su fondo de valle, que a las de incisión y encajamiento; estos solo se han desencadenado en los últimos años, y de un modo muy incipiente debido a la influencia de las obras antrópicas.

Hay que considerar el hecho de las características sedimentológicas y las estructuras sedimentarias de cada nivel, son muy semejantes a las que ofrecen los materiales que constituyen hoy el fondo aluvial del río. Ello parece sugerir que los periodos de acumulación fluvial se han sucedido y desarrollado bajo condiciones climáticas y de fitoestabilización de las laderas muy semejantes a las actuales. En este sentido, las terrazas del río Ara parecen inicialmente, que no se comportan ni genética ni cronológicamente como

las terrazas de la mayor parte de las cuencas pirenaicas francesas y españolas, dado que se habrían formado en condiciones paleoclimáticas glaciares bien diferentes de las actuales (HUBSCHMAN, 1975). Además, los enlaces morfológicos y sedimentológicos de las terrazas y los coluviones crioclásticos de nuestra cuenca (Fig. 183) permiten considerar los siguientes hechos:

- Los materiales aluviales nunca pasan lateralmente, como en tantas otras cuencas fluviales españolas, a masas de coluviones crioclásticos, sino que estos (incluso los que pudieran ser de génesis pleniglaciaria en este tramo bajo del río: las grezès litées) siempre fosilizan los aluviones.

- Idéntico comentario con respecto a los glaciares coluviales antiguos con cubiertas crioclásticas: éstas nunca cambian lateralmente a las terrazas, sino que también las fosilizan.

- Los únicos materiales que enlazan y se integran en las antiguas llanuras aluviales son los procedentes de los conos dispuestos a la salida de torrentes y barrancos.

Se desprenden dos posibilidades: el conjunto de las terrazas del Ara se han sedimentado en condiciones ambientales semejantes a las actuales en los estadios isotópicos cálidos y/o se han acumulado en situaciones climáticas anaglaciares, cuando las cubiertas vegetales no habían sufrido las repercusiones de los momentos de máximo frío en la cuenca.

La relación caudal/carga detrítica del río Ara se ha visto modificada muchas veces en el tiempo y se ha desajustado en cada uno de los sectores de su valle con enorme frecuencia. En las zonas de cabecera, durante el Cuaternario reciente, las masas de hielo alojadas en este sector de la vertiente meridional del Pirineo, sufrieron de modo muy intenso las crisis coincidentes con los estadios isotópicos cálidos, dando lugar a la fusión brutal de aquellos, lo que se tradujo en una liberación de agua enorme que en ciertos casos movilizó grandes masas de derrubios y en otros, permitió el encajamiento de su lecho. Aguas abajo la relación caudal/carga se ha roto en cada una de las confluencias en las que un gran torrente evacuaba enormes masas de materiales al fondo del valle. En el tramo de las gargantas, como en

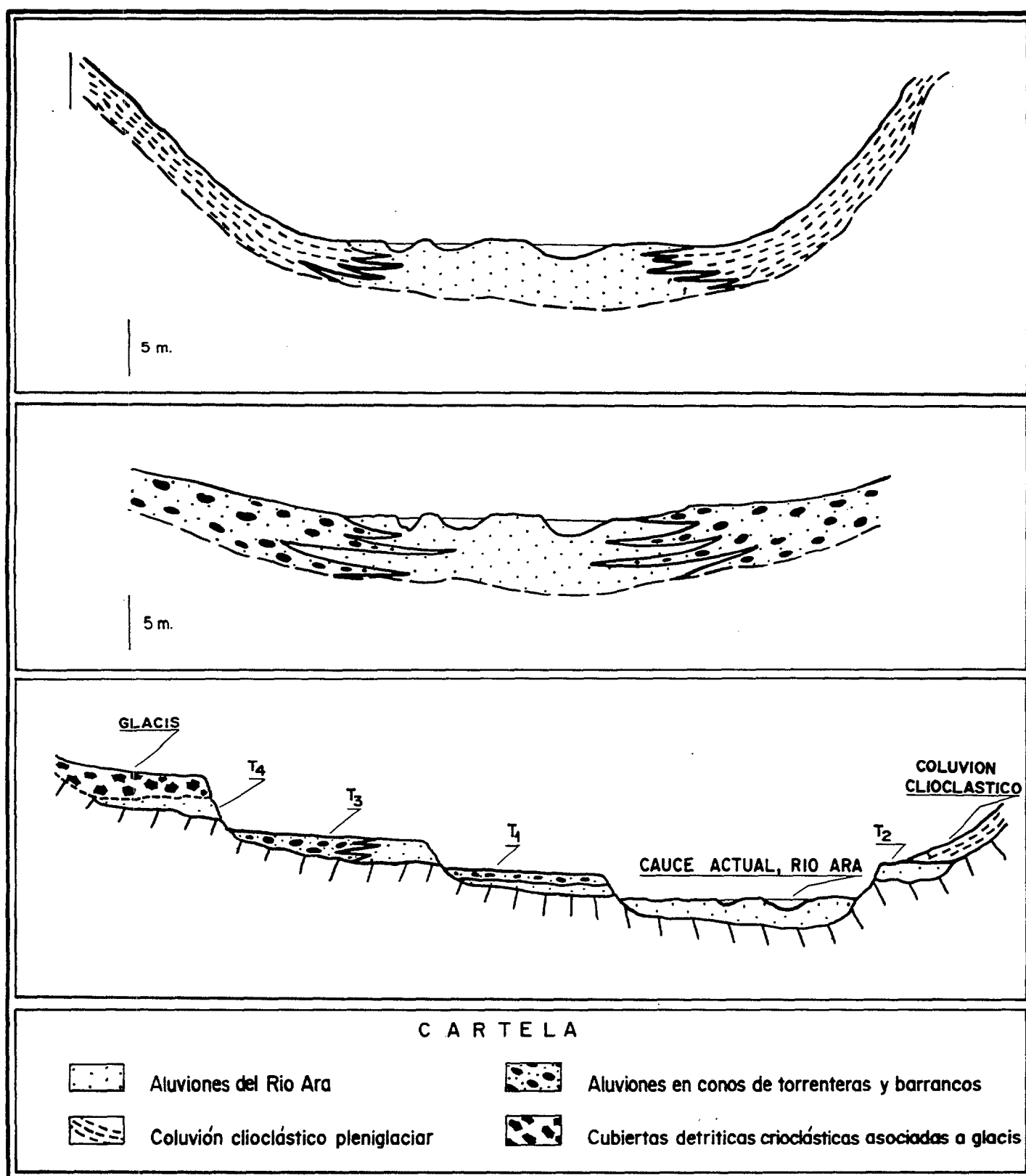


Fig.183. Enlaces morfológicos y sedimentológicos de las terrazas y coluviones criolásticos de la cuenca del río Ara.

la "cluse" de Boltaña, la incisión del cauce no hubiera podido producirse de no existir una activa fitoestabilización de las laderas, que impidiese la llegada al cauce de las abundantísimas masas coluvionares que cubren hoy las laderas. En el tramo final, los procesos fluviales se han visto involucrados por el comportamiento y las fluctuaciones de su nivel de base local, vinculado al curso del Cinca. En resumen, en cada sector del valle, la dinámica propia del río Ara ha podido variar espontáneamente por múltiples factores que se han traducido, unas veces por arrastres masivos de masas aluvionares y en otras, por incisiones que afectaron parcialmente al valle.

Estas ambigüedades vuelven a exigir prudencia a la hora de realizar una correlación de estas terrazas con las de otros ríos pirenaicos en un intento de cronología. Por ello se omitirá cualquier marco cronológico a todas estas manifestaciones puesto que ni siquiera tenemos argumentos sólidos, en la cuenca del Ara para asociar la terraza más baja con la etapa de glaciario más reciente; se plantean serias dudas si las terrazas de este valle son glaciares (opinión que dudamos), anaglaciares, postglaciares o sedimentadas en condiciones semejantes a las actuales.

Habrà que esperar más trabajos que superen la cronología de las terrazas en función de la altimetría: las más altas al Cuaternario antiguo, las intermedias al Cuaternario medio y las bajas al Cuaternario reciente; en éstas habrá que volver a examinar la altimetría real y edad, ya que muchas han sido identificadas como "würmienses" sólo por criterios altimétricos sin conocerse el espesor de la masa aluvial que se aloja en el fondo del valle.

En este trabajo hemos intentado desarrollar nuevas perspectivas para la observación en la evolución espacio-temporal de los depósitos fluviales y la modificación y evolución de las márgenes y cauces de los ríos de montaña.

Al comienzo de esta Tesis, una de las razones principales para elegir al río Ara entre los demás ríos Pirenaicos, fue la ausencia de regulación de sus aguas, tanto en la cabecera como en su curso medio y bajo. Hoy por hoy, no podemos decir lo mismo; la

construcción de escolleras, el aumento indiscriminado en la extracción de gravas, e incluso la nueva construcción del controvertido Embalse de Jánovas, cambiará, en poco tiempo, la fisonomía de este río y las condiciones ambientales de toda su cuenca. Desgraciadamente, algunos de los tramos estudiados quedarán cubiertos por el agua tras la construcción de la presa de Jánovas. A pesar de todo ello, no es fácil que el hombre someta a la naturaleza a su voluntad. Como hemos visto, cualquier cambio en este sistema geomorfológico abierto, produce alteraciones en todas sus componentes, hasta que encuentra un nuevo punto de equilibrio.

Hasta aquí, se ha intentado desarrollar un estudio lo más completo posible de un río del Pirineo Aragonés. Naturalmente, queda abierto un amplio campo para futuras investigaciones; y lo que es aún más importante, deseamos que este trabajo exprese que un río puede y debe convertirse en lugar de encuentro, discusión y colaboración de diversas disciplinas: ingenieros, geólogos, geógrafos, biólogos etc., para que entre todos, se aporten elementos de análisis que permita diagnosticar y solucionar los problemas que afectan a los cursos fluviales. No debemos olvidar nunca que los ríos son las arterias que alimentan la tierra y llevan la prosperidad.

VII. BIBLIOGRAFIA

VII. BIBLIOGRAFIA

- AGUILO, M., et al. (1981): Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología. Serie Manuales 3. CEOTMA-MOPU, Madrid.
- ALASTURE, E., ALMERA, A. y RIOS, J.R. (1957). Explicación del mapa geológico de la provincia de Huesca, E. 1:200.000 IGME 253 PP.
- ALIMEN, H., (1953). "Pétrographie des nappes alluviales de la Bigorre. Essai de corrélation et de chronologie". Bull. Soc. Géol. Fr., p-377-391
- ALIMEN, H., (1964). Le Quaternaire des Pyrénées de la Bigorre . Mém. Serv. Carte Géol. Fr., 394 pp.
- ALIMEN, H. y CAILLERE, S. (1964a). "Quelques considérations sur les successions climatiques au Quaternaire, déduites de l'étude des argiles des sédiments des Pyrénées de la Bigorre et du Béarn". C.R. Acad. Sci. Paris, 258. 5475-5478 pp.
- ALIMEN, H. y CAILLERE, S. (1964b). "Caractérisation des nappes quaternaires des Pyrénées de la Bigorre et du Béarn par leur minéraux argileux, et essai d'interprétation climatique". Rev. Géogr. Pyr. et Sud-Ouest, 35, 4. 373-396 pp.
- ALMERA, A. y RIOS, J.R. (1958). "Estudio geológico de la zona surpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales". 1º Cong. Intern. del Pirineo. Geología, 3. Instituto de Estudios Pirenaicos.
- ALLEN, J.R.L. (1977): "Changeable Rivers: Some Aspects of Mechanics and Sedimentation". In Gregory, K. J. (editor): River Channel Changes, Chichester, John Wiley and Sons, 16-45 pp.
- ALLEN, J.R.L. (1983a). "Gravel overpassing on humpback bars supplied with mixed sediment: examples from the Lower Old Red Sandstone, southern Britain". Sedimentology, 30, 285-294 pp.

- ALLEN, J.R.L. (1983b). "Studies in fluvial sedimentation: bars, bar-complexes and sandstone sheets (Low-sinuosity braided streams) in the Brownstone (L. Devonian), Welsh borders". Sedim. Geology, 33, 237-293 pp.
- ALLISON, L.E. y MOODIE, C.D., (1965). Carbonate. In: Methods of soil analysis. C.A. Black et al.(Eds.), 2: 1389-1392 Amer. Soc. Agron. Madison. Wisconsin.
- AMOROS, C.; ROUX, A.L., REYGROBELLET, J.L., BRAVARD, J.P. y PAUTOU, G. (1987). "A method for applied ecological studies of fluvial hydrosystems. Regulated Rivers, 1, 17-36 pp.
- ANDERSON M.G. y CALVER. A. (1980). "Channel plan changes following large floods". Timescales in Geomorphology. Ed. by R.A. Cullingford, Davidson, and J. Lewin, 43-68 pp.
- ANDREWS, E.D. (1984). "Bed-material entrainment and hydraulic geometry of gravel-bed rivers in Colorado". Geological Society of America Bulletin, 95, 371-8 pp.
- ANDREWS, E.D. y PARKER, G. (1987). "The coarse surface layer as a response to gravel mobility". In; Thornes, C.P. Bathurst, J.C., Hey, R.D. and Simons, D.B. (Eds), Problems of sediment transport in gravel bed rivers, Wiley Interscience.
- ANDRIEU, V., HUBSCHMAN, J., JALUT, G., HERAIL, G. (1988). "Cronologie de la deglaciation des Pyrénées françaises. Dynamique de sedimentation et contenu pollinique des paléolacs: application à la interpretation du retrait glaciaire". Bull. Ass. Française pour l'étude du Quaternaire, 2-3. pp. 55-67
- ARCHE, A. et al. (1989). Sedimentología Vol. I. Consejo Superior de Investigaciones Cientificas. 551 pp.
- ASENSIO AMOR, I. (1979). "Rías, estuarios y bahías del Cantábrico en relación con su proceso de relleno", Primer Curso de Geomorfología Litoral Aplicada, Valencia, Universidad Politécnica, pp. 112-126.
- ASHMORE, P.E. (1982). "Laboratory modelling of gravel braided stream morphology". Earth Surface Processes and Landforms, 7, 201-225 pp.

- ASTRE, G. (1967). "Elephas trogontherii dans les graviers de Palaminy". Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse, 103, 1-2. p. 19-29
- AUBOUIN, J et al. (1980). Tectónica, Tectonofísica y Morfología. Omega, 642 pp.
- BARAHONA, E. (1974). Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: Evaulación de algunos ensayos de materias primas. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- BARNOLAS, A.; SAMSO, J.M.; TEIXELL, A; TOSQUELLA, J. y ZAMORANO, M. (1991). "Evolución sedimentaria entre la Cuenca de Graus-Tremp y la Cuenca de Jaca-Pamplona". I Congreso del Grupo Español del Terciario, Libro Guía Excursión nº1: 123 pp.
- BARNOLAS, A; TEIXELL, A; SAMSO, J.M. y ZAMORANO, M. (1992). "Estructura y Evolución sedimentaria del Sector Central de La Cuenca Surpirenaica". III Congreso Geológico de España, Salamanca. Excursiones: 74-114 pp.
- BARRERE, P. (1966). "La morphologie quaternaire dans la region de Biescas et de Sabiñánigo (Haut Aragón)". Bull. Ass. Fr. Etude du Quaternaire, 2: 83-93 pp.
- BASU, A. (1976). "Petrology of Holocene fluvial sands derived from plutonic source rock; implications to paleoclimatic interpretation". Journal Sediment. Petrology, 46, pp. 694-704.
- BEST, J.L. (1985). Flow dynamics and sediment transport at river channel confluences. Tesis Doctoral. Bickeck College, Univ. of London (sin publicar).
- BEST, J.L. (1986). "The morrphology of river channel confluence". Progress in Physical Geography, 10 117-174 pp.
- BEST, J.L. (1987). "Flow dynamics at river channel confluences: implications for sediment transport and bed morphology". Recent Development in Fluvial Sedimentology. Society Economic Paleontologists and Mineralogists Publication, 39, 27-35 pp.
- BHOWMIK, N.G. (1984). "Hydraulic geometry of floodplains". Journal of Hidrology, 68, 369-401 pp.

- BISCAYE, P.E.(1965). "Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clays in the Atlantic and adjacent seas and oceans". Bull. Geol. Soc. Am., 76, pp. 803-832.
- BLACK, B.J.(1971). "Sedimentation in the meandering river Endrick". Scott.J. Geol., 7, 93-138 pp.
- BLACK, B.J. (1974). "Structure and directional properties of some valley sandur deposits in southern Iceland". Sedimentology, 21: 533-554 pp.
- BLACK, B.J. (1976). "Sedimentation in some Scottish rivers of low sinuosity". Trans. R. Soc. Edinburgh, 69, 425-456 pp.
- BLACK, B.J. (1979). "Structure of coarse grained braided stream alluvium". Trans. R. Soc. Edinburgh, 70, 181-221 pp.
- BLACK, B.J. (1982). "Texture of gravel bars in braided streams". R.D. Hey, J.C. Bathurst y C.R. Thorne (Eds.); Gravel-bed Rivers, Chichester, Jhon Wiley & Sons, 875 pp., cf. 339-335.
- BOISSEVAIN, H. (1934). "Etude géologique et géomorphologique d'une partie de la vallée de la Haute Segre (Pyrénées Catalanes)". Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. T. LXVI, 33-170 PP.
- BORDONAU, J., SERRAT, D., VILAPLANA, J.M.(1992). Las fases glaciares cuaternarias en los Pirineos. Cearreta y Ugarte Eds. The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region. Univ. Pais vasco. pp.303-312.
- BOULE, M. (1894). "Le plateau de Lannemezan et les alluvions anciennes des hautes vallées de la Garonne et de la Neste". Bull. Serv. Carte Géol. Fr., 6,43 (1895). 447-469 pp.
- BOULE, M. (1904). "Sur les terrains pliocènes et quaternaires du bassin sous-pyrénéen". Bull. Soc. Géol. Fr., 4 . 345-347 pp.
- BOULTON, G.S. y EYLES, N. (1979). "Sedimentation by valley glaciers; a model and genetic classification". Ed. Ch. Schlüchter, Moraines and Varres. Balderma-Rotterdam, 11-23 pp.
- BRAGA, G. y GERVASONI, S. (1989). "Evolution of the Po River: an Example of the Application of Historic Maps".Historical Change of Large

- Alluvial Rivers: Western Europe. Ed. G.E. Petts, H. Möller, y A.L. Roux, John Wiley & Sons, 355 pp.
- BRAVARD, J.P., AMOROS, C., PAUTOU G. (1986). "Impact of civil engineering words on the successions of communities in a fluvial system". Oikos, 47: 92-111 pp.
- BRAVARD, J.P., y BETHEMONT, J. (1989). "Cartography of Rivers in France". En: Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe. Ed. G.E. Petts, H. Möller, y A.L. Roux, John Wiley & Sons, 355 pp.
- BRAY, D.I. y CHERCH, M. (1980). "Armoured versus paved gravel beds". Journal Hydr. Div. Proc. Am. Soc. Civ. Engin., 106, 1937-1940.
- BRAY, D.I. y CHERCH, M. (1982). "Closure Armoured versus paved gravel beds". Journal Hydr. Div. Proc. Am. Soc. Civ. Engin., 108, 727-728.
- BREUIL, H. (1937). "Terrasses et quartzites taillés de la Haute Vallée de la Garonne". Bull. Soc. Préhist. Fr., 2. 12-27 pp.
- BROOKES, A. (1985). "River channelization: traditional engineering methods, physical consequences and alternative practices". Progress in Physical Geography, 9, 44-73 pp.
- BROOKES, A. (1988). Channelized Rivers: Perspectives for Environmental Management. Wiley, Chichester, 326 pp.
- BROOKES, A. (1990). "Restoration and enhancement of engineered river channels: some European experiences". Regulated Rivers 5, 45-56 pp.
- BUSCH, D., SCHIRMER, M. SCHUCHARDT, B. y ULLRICH, P. (1989). "Historical Changes of the River Weser". En: Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe. Ed. G.E. Petts, H. Möller, y A.L. Roux, John Wiley & Sons, 355 pp.
- CAILLEUX y TRICART (1963). Initiation à l'étude des sables et des galets. Centre de Documentation Univeritaire de Paris, 369 pp.
- CAMARA, P., KLIMOWITZ, J. (1985). "Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental pirenaica (Cuencas de Jaca-Tremp)". Estudios Geológicos. 41: 391-404 pp.

- CAMPY y MACAIRE (1989). "Les formations fluviatiles". Geología des Formations Superficiales. 199-222 pp.
- CAMPY, M.; LAMY, R.; NICOUD, G. (1990). "Modalités de la déglaciation Würmienne dans le Nord-Ouest des Alpes". Geodinamica Acta, 4, 4, 211-225 pp. (Paris).
- CANT, D.J. (1978). "Bedforms and bar types in the south Saskatchewan River". J. Sediment. Petrol., 48, pp. 1321-1330.
- CARSON, M.A. y GRIFFITHS, G.A., (1987). "Bedload transport in gravel channels". Journal of Hidrology (N.Z.), 26, 1: 1-115 pp.
- CASAS, J.M., FONTBOTE, J.M. (1945). "El valle de Tena. Rasgos fisiográficos y economía regional". Pirineos, Vol 1 (2): 37-107 pp.
- CATALÁN LAFUENTE, J.G. (1981). QUÍMICA DEL AGUA. Ed. Blume.
- C.H.E. Fichas hídricas de las estaciones de aforos de Aínsa (1958-1980) y Boltaña (1952-1982).
- CHEVALIER, M. 1909. Sur les glaciers pléistocènes dans les vallées d'Andorre et dans les hautes vallées espagnoles environnantes. En "C.R. Ac. Sc. Paris. t. CXLII, 662 PP.
- CHORLEY, R., SCHUMM, S.A. y SUGDEN, D.E., (1984). Geomorphology. Methuen, 605 pp. London.
- CHOUKRONE, P., SEURET, M., GALDEANO, A. (1973). "Características et evolution estructural des Pyrénées: un modèle de relations entre zone orogénique y mouvements des plaques". Bulletin Geologique de France, 15: 600-611 pp.
- CHOUKRONE, P. y SEURET, M. (1973). "Tectonics of the Pyrenees: Role of compression and gravity". En: SONG, D. y SHOLTEN, R. (Ed) Gravity and tectonics. John Wiley and sons. New York 141-156 pp.
- CHOUKRONE, P., MATTAUER, M., RIOS, L.M. (1980). "Estructura de los Pirineos". Boletín Instituto Geológico y Minero, t. XCI: 213-248 pp.
- CHURCH, M. (1972). "Baffin Island Sandurs: a study of Arctic fluvial processes". Bull. Geol. Surv. Can, 216, 218 pp.

- CHURCH, M., y JONES, D., (1982). Chanel bars in gravel bed rivers. In Gravel bed rivers (R.D.Hey, J.C. Bayhurst y C. R. Thorne, eds.), John Wiley, 291-324 pp. Chichester.
- COATES, D.R. (1976). Geomorphology and engineering. Ed. George Allen and Unwin. London.
- COLLINSON, J.D. (1978). "Alluvial Sediments". En: READING, H.G. (Ed): Sedimentary environments and facies. Blackwell. Oxford. 15-60 pp.
- COROMINAS, J. y ALONSO, E.E. (1990). "Geomorphological effects of extreme floods (November 1982) in the southern Pyrenees". International Association of Hydrological Sciences Publication 194, p. 295-302 pp.
- COSGROVE, D. y PETTS, G.E. (1990). Water, Engineering and Landscape, Ed. by Cosgrove, D. y Petts, G. E., Belhaven, London.
- COSTA, J.M^a, (1985). Estatigrafía física i fàcies del Paleocè Prepirinec entre els rius Gréixer i Arija. Tesi de Llicenciatura, Univ. Auón. de Barcelona.
- COSTELLO, W.R., y WOLDER, R.G. (1972). "Pleistocene Sedimentology; Credit River. Southern Ontario: A new component of the braided river model". Jour. Sed. Petrology, 42, 389-400 pp.
- CRAIG, J.F. y KEMPER J.B. (Eds.) (1987). Regulated streams. Adddvances in ecology. Plenum.
- CURRAY, J.R. (1956). "The analysis of two-dimensional orientation data". J. Geol., 64: 117-131 pp.
- CUSTODIO GIMENA, E. (1976). "Hidroquímica del Karst". Jornadas sobre el Karst en EusKadi. pp.36. San Sebastian.
- DABRIO GONZALEZ, C.J. (1984). "Ambientes sedimentarios y facies". Seminario de Sedimentología. IGME, Vol. I, 3-12 pp.
- DARBY, S.E. y THORNE, C.R. (1992). "Impact of Channelization on the Mimmshall Brook, Hertfordshire, U.K." Regulated Rivers, Vol. 7, 193-204 pp.

- DAVIES, B.R. y WALKER, K.F. (eds., 1986). The ecology of river systems, Junk.
- DAVID E.S. y BRIAN S.J. (1977). "Meltwater erosion and its effects" en: Glaciers and Landscape a Geomorphological Approach. Ed. E. Arnrold, 301-336 pp.
- DAWSON, M. (1988). Sediment size variation in a braided reach of the Sunwapta river, Alberta, Canada". Earth Surface Processes and Landforms, 13: 599-618 pp.
- DEBAT, P. (1965). "Les formations métamorphiques des vallées du Gavarnie et d'Héas (Hautes-Pyrénées)". Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse, L. 100, fac. 1-2, 137-173 pp.
- DEBAT, P., MAJESTE-MENJOULAS, C., Y POUIT, G. (1984). "Excursion A.G.S.O. Pyrénées. Vallée du gave de Pau (Minéralisations, nappe de Gavarnie)". Excursión A.G.S.O.
- DEBON, F. (1972). Carte géologique 1/50.000. Massifs granitiques de Cauterets et Panticosa (Pyrenees Occidentales). B.R.G.M. Orleans, 37 pp. 1 map.
- DECAMPS, H. (1984). "Biology of regulated rivers in France. In Lillehammer, A. and Saltveit, S.J. (Ed.) Regulated Rivers, Stockholm.
- DECAMPS, H., FORTUNE, M., GAZELLE, F. y PAUTOU, G. (1988). "Historical influence of man on the riparian dynamics of a fluvial landscape". Landscape Ecology 3, 163-173 pp.
- DEJOU, J. et al. (1970). "Étude comparative de la composition mineralogique de la fraction argileuse". Science du Sol, 2. pp.3-14.
- DENDALETCHÉ, C. (1991). Guía de los Pirineos. Omega eds, Barcelona. 790 pp.
- DIAZ MOLINA, (1984). "Sedimentación fluvial". Seminario de Sedimentología. IGME, Vol. I, 27-92. Madrid.
- DIAZ MOÑUX, J.C. (1991). Estudio y parametrización del intercambio de energía entre la atmosfera y el manto nival durante el periodo de

fusión: cuenca experimental de Izas, Pirineos Centrales. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

DIXON W.J. (1981). BMDP Statistical Software. Univ. of California Press, Berkeley, CH.

DOEGLAS, D.J. (1962). "The structure of sedimentary deposits of braided rivers". Sedimentology I, 167-190 pp.

DUNNE, T. y LEOPOLD, L.B. (1978). Water in environmental planning. Freeman and Co. San Francisco. 818 pp.

DUPLAIX, S. (1956). Etude pétrographique des formations meubles de la Gascogne, du Pays Basque et de leur littoral. Mém. Soc. Géol. Fr. 77. 106 pp.

ECORS PYRENEES TEAM (1994). "Tall geològic del Pirineu Central 1:200.000". Institute Cartogràfic de Catalunya, 27-34 pp.

EYNON, G., y WALKER, R.G. (1974). "Facies relationships in Pleistocene outwash gravel, Southern Ontario: a model for bar growth in braided rivers". Sedimentology, 21, 43-70.

ERSKINE, W.D. (1985). "Downstream geomorphic impacts of large dams: the case of Glenbawn Dam, NSW". Appl. Geogr., 5, 195-210 pp.

ERSKINE, W.D. (1990). "Hidrogeomorphic effects of river training works: the case of the Allyn River, NSW". Austr. Geogr. Stud., 28, 62-76 pp.

FAHNESTOCK, R.K. (1963). "Morphology and hidrology of a glacial stream - White River, Mount Rainer, Washington". US Geol. Survey, Prof. Paper, 442-A, 1, 1-70 pp.

F.A.O. (1977). Guía para la descripción de perfiles de suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Segunda edición, Roma.

FERGUSON, R.I. y WERRITTY, A. (1983). "Bar development and channel changes in gravelly River Feshier, Scotland" En: Modern and Ancient Fluvial System. Ed. Collinson & Lewin 181-193 pp.

FERGUSON, R.I. (1986). "Hydraulics and Hydraulic geometry" Progress in Physical Geography, 10, (1), 1-31 pp.

- FERNÁNDEZ, F. GONZALEZ, J.A. (1984). "Estudio de las heladas en la zona de Molina de Aragón (Guadalajada) y su influencia en la morfogénesis actual. Actas I Reunión de Estudios Regionales de Castilla la Mancha, Albacete, Vol. III, 69-94 pp. Serv. de Public. Junta Comunidades Castilla la Mancha.
- FINLEY, J.R. y GUSTAVSON T.C. (1983). "Geomorphic effects of a 10 years storm on a small drainage basin in the Texas Panhandle". Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 8, 63-77 pp.
- FOLK, R.L. y WARD, W. (1957). "Brazos river bar: a study on the significance of grain size parameters". Sedimentary Petrology, Vol. 27, 3-26 pp.
- FOLK, R.L. (1965). Petrology of sedimentary rocks. Hemphills ed., 170 pp.
- FONTBOTE, J.M. (1948). "La Ribera de Biescas". Pirineos, 4 (7): 39-91. Jaca.
- FORBES, D.L. (1983). "Morphology and sedimentology of a sinuous gravel-bed channel system: Lower Babbage River, Yudon coastal plain, Canada". En: Modern and Aciént Fluvial System. Ed. Collinson & Lewin. 195-206 pp.
- FRIEDMAN, G.D. (1961). "Distinction between dune beach and rivers sandy from their textural characteristics". Sedimentary Petrology, Vol. 31, 514-529 pp.
- FRIEDMAND, G.D. (1967). "Dinamic processes and statistical parameters compared forsize frequency distribution of beach and river sandy. Sedimentary Petrology, vol. I, 327-354 pp.
- GARCIA RUIZ, J.M. ; PUIGDEFÁBREGAS, J. y CRESUS, J. (1986). "La acumulación de nieve en el Pirineo Central y sus influencias hidrológicas". Pirineos 127, 27-72 pp.
- GARCIA RUIZ, J.M. y ORTIGOSA L., (1988). "Algunos efectos de las repoblaciones forestales: cambios en la dinámica de cauces en pequeñas cuencas del Pirineo Central español". Cuaternario y Geomorfología, 2:33-42 pp.

- GARCIA, R. y FRANCH, J. (1978). "Aportación al estudio de las comunidades vegetales de ribera en el Alto Aragón Occidental" Public. de orden interior Centro Pirenaico de Biología Experimental, nº 22, 33 pp.
- GARRIDO, A. (1973). Estudios Geológicos. Relación entre la tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central. Tesis Doctoral. Granada.
- GARRIDO, A. y CAMARA, P. (1983). "Evolución tectosedimentaria de las cuencas turbidíticas de Aínsa y Jaca (zona centro-occidental de la vertiente surpirenaica)". Actas X Cong. Nac. Sedimentología, 54-57 pp. Menorca.
- GERRARD, A.J. (1981): Soils and Landforms. Allen-Unwin, London.
- GILVEAR, D.J. y HARRISON, D.J. (1991). "Channel change and the importance of floodplain stratigraphy; 1990 flood event, Lower River Tay, Scotland". Earth Surf. Process. Landforms, 16. 753-761 pp.
- GOMEZ, B. (1983). "Temporal variations in bedload transport rates: the effect of progressive bed armouring". Earth Surface Processes and Landforms, Vol.8, 41-54 pp.
- GOMEZ, B. (1991). "Bedload Transport". Earth Sciences Reviews, 31 89-132 pp.
- GREGORY, K.J. y WALLING, D.E. (1973). Drainage Basin Form and Process, London, Edward Arnold, 458 pp.
- GREGORY, K.J. (1976). "Changing drainage basins". Geographical Journal 142, 237-247 pp.
- GREGORY, K.J. (1979a). "River channel". In Gregory, K.J. and Walling, D.E., editors, Man and enviromental processes, London: Butterworth, 40-123 pp.
- GREGORY, K.J. (1979b). "Hidrogeomorphology: how applied should we become?". In: Progress in Physical Geography 3, 85-101 pp.
- GREGORY, K.J. (1982). Fluvial geomorphology: less uncertainty and more practical application? Progress in Physical Geography 6, 427-38.

- GREGORY, K.J. y GURNELL, A.M. (1988). "Vegetation and river channel form and process". in Viles, H. (Ed.), Biogeomorphology, Blackwell, Oxford, 11-42 pp.
- GREGORY, K.J. y DAVIS R.J. (1992). "Coarse Woody Debris in Stream Channels in Relation to River Channel Management in Woodland Areas". Regulated Rivers. vol. 7, 117-136 pp.
- GUPTA, A. y DUTT, A. (1989). "The Auranga: description of a tropical monsoon river". Z. für Geomorphology, 33 (1): 73-92 pp.
- HAAF, E. TEN (1966). "Le flysch Sud-Pyrénées le long du río Ara (Huesca)". Act. I Congreso Instituto de Estudios Pirenaicos, t-1: 143-150 pp.
- HAILS, J.R. editor, (1977). Applied geomorphology. Amsterdam, Elsevier.
- HARMS, J.C. y FAHNESTOCK, R.K. (1965). "Stratification, bed forms and flow phenomena, with an example from the Río Grande". Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ., 12, pp. 84-115.
- HARMS, J.C.; SOUTHARD, J. B., y WALKER, R. G. (1982). "Conglomerate, emphasizing fluvial and alluvial fan environments". Structures and sequences in clastic rocks. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Short Course 9, Calgary (6-1)-(6-21).
- HARVEY, A.M.; HITCHCOCK, D.H. y HUGHES, D.J., (1979). "Event frequency and morphological adjustment of fluvial systems in upland Britain". In Adjustments of the fluvial system (D.D. Rhodes y G.P. Williams, eds.) Allen & Unwin, 139-167 pp.
- HARVEY, A.M. (1984). "Geomorphological response to an extreme flood: a case from southeast Spain". Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 9, 267-279 pp.
- HARVEY, M.D., WATSON, C.C. y SCHUMM, S.A. (1982). "A geomorphic approach to channel rehabilitation". Geol. Soc. Amer. Abs. 15-509 pp.
- HEIN, F.J. (1974). Gravel transport and stratification origins, Kiching Horse River, British Columbia. M. Sc. Thesis, McMaster University, 135 pp.

- HEIN, F.J., WOLKER, R.G.(1977). "Bar evolution and development of stratification in the gravelly, braided, Kicking Horse River, British Columbia". Can. Earth Sci., 14,4 (1),562-570 pp.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E y VIDAL BOX, C.(1946). "La tectónica y la morfología del macizo de Monte Perdido y de las zonas de cumbres inmediatas en el Pirineo central". Pirineos, 4: 69-108 pp.
- HERNÁNDEZ, SANTÓN C., (1991). Geomorfología del área de confluencia de los ríos Cinca y Ara (prov. de Huesca). Memoria de Licenciatura, 311 pp. Universidad de Zaragoza.
- HERNÁNDEZ, C y RUBIO, V. (1990). "Evolución cuaternaria del sistema fluvial del curso bajo del río Ara (provincia de Huesca)". Primera Reunión Nacional de Geomorfología, 437-446 pp. Teruel.
- HERNANDO, V. y SANCHEZ CONDE, P. (1954). "Estudio del pH de los suelos de distintas características". An. Edaf. y Fisiol. Veg. 13: 666-737 pp.
- HICKIN, E.J. 1983. "River channel changes: retrospect and prospect". In Collinson, J.D. and Lewin, J. (Eds.), Modern and Ancient Fluvial Systems. Blackwell, London, 61-83 pp.
- HIRCH, P.J. y ABRAHAMS, A.D.(1981). "The properties of bed sediments in pools and riffles". Journal of Sedimentary Petrology. Vol. 51, nº 3, 757-760 pp.
- HUBSCHMAN, J. (1972). "L'âge de la basse plaine garonnaise, des Pyrénées au confluent du Tarn". C.R. Acad. Sci.Paris. 275-D, p.651.
- HUBSCHMAN, J. (1975). Morphogenese et Pedogenese Quaternaires dans le piémont des Pyrénées garonnaises et ariégeoises. Thèse Université Toulouse-Le Mirail. 746 pp.
- HYNES, H.B.N. (1970). "The ecology of running waters". Liverpool University Press.
- ICOLE, M (1968). "Données nouvelles sur la formation du Lannemezan". C.R. Acad. Sci. Paris. 267-D. pp. 687-689.
- ICOLE, M. (1969 a). "Age et nature de la formation dite de Lannemezan". Rev. Geogr. Pyr. et Sud-Ouest. 40.2. pp. 157-170.

- ICOLE, M. (1969 b). "Intérêt paléopédologique des cortex d'alteration des galets de quartzite au sommet du Pliocène et du Villafranchien des Pyrénées". C.R. Acad. Sci. Paris. 268-D. pp. 2240-2243.
- ICOLE, M. (1970 a). "Une nouvelle méthode pour la paléopédologie du Pliocène et du Villafranchien des Pyrénées Centrales: l'étude des galets de quartzite à cortex d'altération". Bull. Assoc. fr. Et. Quat. 2-3. pp. 135-143.
- ICOLE, M. (1970 b). "Paléosols ou "vieux sols" au sommet d'alluvions du Mindel des Pyrénées". C.R. Acad. Sci. Paris. 271-D. pp. 1852-1854.
- ICOLE, M. (1971 a). "Essai d'une paléopédologie du Quaternaire. Enseignements tirés d'une étude sur le piémont nord-pyrénéen". Science du Sol. 1. pp. 93-110.
- ICOLE, M. (1971 b). "Contribution à la connaissance des paléosols et à celle de l'altération des roches au cours du Quaternaire. Etude des galets à cortex du sommet des nappes d'alluvions du piémont nord-pyrénéen". Science du Sol. 2. pp. 83-95.
- I.G.M.E. (1958). Mapa geológico de Boltaña, 1:50.000. N° de hoja 211.
- I.G.M.E. (1982). Mapa geológico de Bielsa, 1:50.000. N° de hoja 179.
- I.G.M.E. (1982). Mapa geológico de Broto, 1:50.000. N° de hoja 178.
- I.G.M.E. (1989). Mapa geológico de Bujaruelo, 1:50.000. N° de hoja 146.
- INSTITUT CARTOGRAFIC DE CATALUNYA (1994). Tall geològic del Pirineu central 1:200.000.
- ITAKURA, T. (1972). "Study of the mechanism of flow at confluences". Proceeding of 16th Hydraulic Conference Japanese Society of Civil Engineers, pp. 7-12.
- JACKSON, R.J., (1975). "Hierarchical attributes and a unifying model of bedforms composed of cohesionless material and produced by shearing flow". Geological Society of America Bulletin, 86, 1523-1533 pp.

- JAEGGI M.N.R., 1987. "Interaction of bed-load transport with bars". In: Thornes, C.P., Bathurst, R.D. and Hey, R.D. (Eds.). Sediment transport in gravel bed rivers. John Wiley & Sons. 829-841 pp.
- JULIVERT, M., FONTBOTE, J.M., RIBEIRO, A., CONDE, L. (1980). "Mapa tectónico de la Península Ibérica". IGME. Madrid, 113 pp.
- KALLIOLA, R. y MAARIT, P. (1988). "River dynamics and vegetation mosaicism: a case study of the River Kamajohka, northernmost Finland". Journal of Biogeography. Univeristy of Turku, Finland, 703-719 pp.
- KELLER, E.A. and HOFFMAN, E.K. (1976). "Sensible alternative to stream channelization". Public Works, 70-72 pp.
- KELLER, E.A. (1978). "Pools, riffles and channelization. Environmental Geology 2, 27-119 pp.
- KELLER, E.A. y BROOKES, A. (1984). "Consideration of meandering in channelization projects: selected observations and judgements". In Elliott, C., editor, River meandering, Proceedings of Conference Rivers '83, American Society of Civil Engineers, 98-384 pp.
- KILMER, O.P. y ALEXANDER, L.T. (1949). "Method of making mechanical analysis of soils". Soil Science, 68, 15-24 pp.
- KOTARBA, M.B. (1983). "Study of braided channel processe of the Bialka river during 6 years without floods and during a flood in 1980". Rev. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica. Vol XVI. Krakow. 161-179 pp.
- KOTARBA, M.B. (1985). "Formation of coarse gravel bars in the braided Bialka River". Quaestiones Geographicae. Special Issue, 1 45-60 pp. Krakow.
- KOTARBA, M.B. (1987). "Formation of coarse gravel bars and alluvial valley braided Bialka river, Carpathians Poland". Questiones Geographicae, n°1.
- KOTARBA, M.B. (1988). "Mechanics of braided alluvial plain formation-coarse gravel sedimentary environment as example". Questiones Geographicae, n°2, 5-16 pp.

- KOSS, J.E. (1992). Effects of baselevel change on fluvial and coastal plain systems: an experimental approach. Colorado State University, Fort Collins, 157 pp.
- KOSS, J.E. et al., (1994). "An experimental study of the effects of base-level change on fluvial, coastal plain and shelf systems". Journal of Sedimentary Research, vol. B64, 91-98 pp.
- KOSTER, E.H. (1978). "Transvers ribs: their characteristics, origin and paleohydraulic significance" In: Fluvial Sedimentology, Calgary, Can. Soc. Petrol. Geol., 859 pp., cf, 161-186 pp.
- KRIGSTRÖM, A. (1962). "Geomorphological studies of the sandur plains and their braided rivers in Iceland", Geografiska Annaler 44, 328-346 pp.
- LANDEWIJK, J.E. (1960). "Some descriptive remarks about the petrography and structure of the Panticosa massif, Spanish Pyrenees". Estudios Geológicos. T. 16, n° 1 25-33 pp.
- LATOUCHE, C. (1971). "Étude des minéraux argileux des formations graveleuses Plio-Quaternaires, des feuilles géologiques au 1:80.000 de Bordeaux et de Lesparre". Bull. Bureau Rech. Géol. et Min., 2, 25-34 pp.
- LEE, R. (1980). Forest Hidrology. Columbia University Press. New York.
- LEOPOLD, L. B., y WOLMAN, M. G. (1957). "River channel patterns: braided, meandering and straight". V.S. Geol. Sur Prof. Paper, 282 B, 39-85 pp.
- LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M.G. y MILLER, J.P. (1964). Fluvial Processes in Geomorphology, San Francisco, Freeman Comp., 522 pp.
- LEOPOLD, L. B. (1977). "A reverence for rivers". Geology 5, 30-429.
- LEWIN, J. (1977). "Channel pattern changes", ap. GREGORY, K.J. (editor). River channel changes, Chichester, Wiley, pp. 167-184.
- LITH, J. G. J. (1965). Geology of the Spanish part of the Gavarnie mappe (Pyrenees) and its underlying sediments near Bielsa (povincia of Huesca). Thesis Utrecht, Geologica Ultraiectina, n° 10, 1-67 pp.

- LOCK, M.A. y WILLIAMS, D.D. (eds., 1981). Perspective in running water ecology. Plenum.
- LODINA, R.V. y CHALOV, R.S. (1971). "Effect of tributaries on the composition of rivers sediments and of deformations of the main river channel". Soviet Hydrology, 4, 370-374 pp.
- LOPEZ BERMUDEZ, F. et al. (1984). "Erosión y ecología en la España semiárida (Cuenca de Mula, Murcia)". Cuadernos de Investigación geográfica tomo X, 113-126 pp.
- LOPEZ BERMUDEZ, F. (1986). "Evaluación de la erosión hídrica en las áreas receptoras de los embalses de la cuenca del Segura. Aplicación de la U.S.L.E.". In: LOPEZ BERMUDEZ, F., THORNES, J.B. (Eds.): Estudios sobre geomorfología del Sur de España. COMTAG, Murcia, 93-99 pp.
- LOPEZ BERMUDEZ, F. et Al. (1988). Geometría de cuencas fluviales: las redes de drenaje del alto Guadaletín. Proyecto LUCDEME. ICONA. Madrid.
- LUNSEN, H (1970). "Geology of the Ara-Cinca region, Spanish Pyrénées, Province de Huesca". Thesis Utrech, en Geologica Ultraiectina, 16, 285-295 pp.
- MAESTRO, E. (1985). Estratigrafía física i fàcies del Paleogè de la Unitat Cadí-Ripoll entre els rius Segre i Gréixer. Tesi de Llicenciatura, Univ. Autòn. de Barcelona.
- MANGELSDORF, J., SCHEVRMANN, K., WEISS, F.- H. (1990). River morphology. Springer-Verlag. Berlin, 235 pp.
- MALLADA, L. (1878). Descripción física y geológica de la provincia de Huesca. Mem. Com. Mapa Geol. España, 15, Madrid.
- MARCHAND, E. et FABRE , L.A.(1900). "Les érosions torrentielles et sub-aériennes sur les plateaux des Hautes Pyrénées". C.R. Congr. Soc. sav.. Toulouse 1899. Paris 1900. pp. 182-220.
- MAREL. H.W. Van Der, and BEUTELSPACHER, H. (1966). Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures. Elsevier, Amsterdam.

- MARGALEF, R. (1983). Ríos en Limnología. Eds. Omega. Barcelona.
- MARSH, G.P. (1864). Mand and nature; or Physical Geography as modified by human action, New York, Charles Scribner.
- MARTI BONO, C. (1974). "Alto Urgel, Alto Bergara, Cerdaña y Andorra". VII Cong. Intern. de Estudios Pirenaicos, Seu de Urgel, 16-21 pp.
- MARTI BONO, C.; SERRAT, D. y GONZALEZ, M.C. (1977). "Los fenómenos glaciares en la vertiente meridional de los Pirineos". V Coloquio de Geografía: 68-73, Granada.
- MARTI BONO, C. (1978). "Aspectos geomorfológicos del Alto Aragón Occidental". Estudios Geográficos XXXIX: 473-494 PP.
- MARTINEZ DE PISON, E. (1986). "El macizo plegado de Monte Perdido". En Atlas de Geomorfología, Alianza De.:27-43 pp. Madrid.
- MARTINEZ DE PISON, E., ARENILLAS, M. (1989). "La protección del Pirineo. Una necesidad cultural". Estudios Territoriales, 29: 181-192.
- MARTINEZ DE PISON, E., ARENILLAS, M. y MARTINEZ, R. (1992). "El estado de los glaciares españoles en 1991". Ería, 28: 176-182 pp.
- MCGROWEN, J.H. y GARNER, L.E. (1970). "Physiographic features and stratification types of coarse grained point bars; modern and ancient examples". Sedimentology, 14, 77-111 pp
- MCHARD, I. (1969). Desing with Nature. The Natural History Press, New York.
- McKENZIE, R.M. (1980). "The adsorption of lead, and other heavy metals on oxides of manganese and iron". Aust, J. Soil Ref. 18, 61-73 pp.
- McMANUS, J. (1988). "Grain size determination and interpretation". Techniques in sedimentology. (M.E. Tucker, Ed.) Ch, 3, 63-85 pp., Blackwells, Oxford.
- MEHRA, O.P. y JACKSON, M.L. (1960). "Iron ocide removal from soil and clays by a dithionite citrate system buffered with sodium bicarbonate". Clays Clay Mine. 7; 317-327 pp.

- MIALL, A.D., (1977). "A review of braided river depositiional environment". Earth Science Reviews, 13: 1-62 pp.
- MIALL, A.D., (1978). "Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary". Fluvial Sedimentology: Memoir 5, Canad. Soc. of Petrol. Geol, Calgary, Canada. 597-604 pp.
- MIALL, A.D., (1985). "Architectural element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits". In: Earth Science Reviews 22 (4), 261-308 pp.
- MILNE, J.A. (1982). "Bed material size and the riffle-pool sequence". Sedimentology, 29, 267-278 pp.
- MIROUSE, A. (1980). "Introducción a la geología del Pirineo." Bol. Geolg. Min. T. XV-1: 91-106 pp.
- MONTSERRAT MARTÍ, J.M. (1992). "Evolución glaciaria y postglaciaria del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio palinológico". Monografías I.P.E. nº 6, C.S.I.C., 147 PP.
- M.O.P. (1973). Estudio previo de terrenos. Enlace preferente Zaragoza-Pirineos. Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales Sección de Geotecnia y Prospecciones, 81 pp.
- M.O.P.U. (1985). Inundaciones históricas en la Cuenca del Ebro. Dirección General de Obras Hidráulicas. 3 Tomos, Madrid.
- MORISAWA, M.E. (1973). Fluvial Geomorphology. Univ. of New York. Binghampton.
- MORISAWA, M.E., y VEMURI, R. (1975). "Multiobjective Planning and Environmental Evaluation of Water Resources System". Office of Water Res. and Tech. Project C-6065. Final Report. In MORISAWA, M.E. (1985): Rivers. Form and process, Longman, London.
- MORISAWA, M.E. (1976). "Readjustment of an improved stream channel". Geological Society of American Abstract with programs 6, 877 pp.
- MORISAWA, M.E. (1985). Rivers: Form and Process. In: Longman Ed., London, 222 pp.

- MOSHE, I. (1987). "Effects of a high magnitude flood in a Mediterranean climate: A case study in the Jordan River basin". Catastrophic Flooding. Ed. Mayer, L. and Nash, D., Allen & Lewin, 333-353 pp.
- MOSLEY, M.P. (1975). An Experimental Study of Channel Confluences. Tesis Doctoral, Colorado State University, 216 pp. (sin publicar).
- MOSLEY, M.P. (1976). "An experimental stude of channel confluence". Journal of Geology, 84, 535-562 pp.
- MÜNSELL. (1975). Soil Color Charts. Macbeth division of Kollmorgen Corporation. Baltimore, Maryland, U.S.A.
- MUÑOZ, J.A., PUIGDEFABREGAS, C. y FONTOBOTE, J.M. (1986). "El ciclo alpino y la estructura tectónica del Pirineo". Libro jubilar de José M^a Ríos. T. II, 185-204 pp.
- MUTTI, E. et al. (1985). "Le relazioni tra prattaforme del tizie e sistema torsiolicite nel Bacino Eocenico sud-Pirenaico di Tremp-Pamplona". Giorn. di Geol. Italia.
- MUTTI, E. (1985). "Turbidite systems and their relations to deposicional sequences." In Reading: provenance from arenites. Proceeding NATO-ASI Meeting, Cetraro-Cosenza, Italy.
- MUTTI, E., REMACHA, E., SGAVETTI, M., ROSELL, J., VALLONI, R., y ZAMORANO, M. (1985). "Stratigraphy and facies characteristics of the Eocene Hecho Group turbidite systems, south-central Pyrenees. In "Excursión Guide-book", 6th European Regional Meeting, n° 12, Lleida, Spain, 519-576 pp.
- MUTTI, E., SGAVETTI, M. y REMACHA, E. (1985). "Le relazione tra piattaforme deltizie e sistemi torbiditici nel Bacino Eocenico Sud-Pirenaico di Tremp-Pamplona". Giornale de Geol., Serie, 3, 46 (2), 3-22 pp.
- NEWSON, M. y MACKLIN, M.G. (1990). "The geomorphological-effective flood and vertical instability in river channels -a feedback mechanisms in the flood series for gravel bed rivers". in White, W. R. (Ed.), International Conference on River Flood Hydraulics, Wiley, Chichester, 123-140 pp.

- NUSSBAUM, F. (1949). "Sur les traces des glaciers quaternaires dans la region de l'Aragon". Pirineos, 5; 497-518 pp.
- NUSSBAUM, F. (1956). "Observations morphologiques dans la region de la Noguera Pallaresa". Pirineos, 12: 57-97 pp.
- OGNJEN, B. (1992). "Effects of dams and reservoirs on the hydrological characteristics of the Lower Drava river". Regulated Rivers, vol. 7 349-357 pp.
- OLLERO, A y PELLICER, F. (1989). "El impacto de las obras de defensa en los espacios naturales de la ribera del Ebro medio". XI Congreso Nacional de Geografía, 412-422. Madrid.
- ORE, H.T. (1963). "Some criteria for recognition of braided stream deposits". Contr. Geol. Wyoming Univ. Dep. Geol. 3 (19) 1-14 pp.
- OUCHI, S. (1985). "Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement". Geol. Soc. Am. Bull., 896, 504-515.
- PANZER, W. (1932). "Die Entwicklung der Täler Kataloniens". En Ass. pour l'étude Géol. de la Medit. Occid., Vol III, n°21, 36 pp.
- PANZER, W. (1948). "El desarrollo de los valles y el clima de la época cuaternaria en el EN de España". Estudios Geográficos, 30.:79-130 pp.
- PARKER, G., (1991a). "Selective sorting and abrasion of river gravel, I: theory". Journal of Hydraulic Engineering, v. 117, p. 131-149.
- PARKER, G., (1991b). "Selective sorting and abrasion of river gravel, II: application.". Journal of Hydraulic Engineering, v. 117, p. 150-171 pp.
- PATIN, J (1967). "L'évolution morphologique du plateau de Lannemezan". Rev. Géogr. Pyr. et Sud-Ouest. 38-4. pp.325-337.
- PAUTOU, G., DECAMPS, H., AMOROS, C., y BRAVARD, J.P. (1985a). "Successions végétales dans les couloirs fluviaux: l'exemple de la plain alluviale du Haut-Rhône français". Bull. Ecolg. 16, 3, 203-212 pp.

- PAUTOU, G. y DECAMPS, H. (1985b). "Ecological interactions between the alluvial forests and hydrology of the upper Rhône". Archiv f. Hydrobiol., 104, 13-37 pp.
- PEIRY, L.L. (1988). Approche géographique de la dynamique spatio-temporelle des sédiments d'un cours d'eau intra-montagnard: l'exemple de la plaine alluviale de l'Arve (Hte. Savoie). Thèse de Doctorat, Université Jean Moulin, 378 pp., Lyon.
- PENCK, A. (1885). "Le période glaciaire dans les Pyreénées". Bull. Soc. Hist. Naturelle de Toulouse, 19: 105-200 pp.
- PENCK, A. y BRUCKNER, E. (1909). Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig.
- PEÑA, J.L. (1983). La Conca de Tremp y Sierras prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana: estudio geomorfológico. Inst. Estudios Ilerdenses (CSIC). Diputación Provincial de Lérida, 373 pp.
- PÉREZ MATEOS, J. (1965). Análisis Mineralógico de Arenas. Métodos de Estudio. C.S.I.C. 265 pp. Madrid.
- PETTS, G.E. (1977). "Channel Response to Flow Regulation: The Case of the River Derwent, Derbyshire", in GREGORY, K.J. (editor): River Channel Changes, Chichester, John Willey & Sons. 145-164 pp.
- PETTS, G.E. (1979). "Complex response of river channel Morphology subsequent to reservoir construction", Progress in Physical Geography, vol. 3, nº3, 329-362 pp.
- PETTS, G.E. (1980). "Morphological changes of river channels consequent upon head-water impundment". Journal of the Institute of Water Engineers and Scientists 34, 82-374 pp.
- PETTS, G.E. (1984). Impounded Rivers, Wiley, Chichester.
- PETTS, G.E. (1985) y FOSTER, I., (1985). Rivers and Landscape. Arnold 274 pp. London.
- PETTS, G.E. (1987a). "Time-scales of ecological change in regulated rivers". In Craig, J. and Kemper, J.B. (Ed.), Advances in Regulated River Ecology, Plenum, New York, 257-266 pp.

- PETTS, G.E. (1987b). "Ecological management of regulated rivers: an European perspective". Regulated Rivers, 363-369 pp.
- PETTS, G.E. y THOMS, M.C. (1987). "Morphology and sedimentology of a tributary confluence bar in a regulated river: North Tyne, U.K.". Earth Surface Processes and Landforms, 12, 43-440 pp.
- PETTS, G.E. (1988). "Regulated rivers in the UK". In Petts, G.E. and Wood, R. (Eds), River Regulation in the UK. Special Issue of Regulated Rivers, 2, 3, 201-220 pp
- PETTS, G.E. (1989). "Historical Analysis of Fluvial Hydrosystems". En: Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe. Ed. G.E. Petts, Wiley & Sons, 355 pp.
- PHILLIPS, F.C. (1977). La aplicación de la Proyección Estereográfica en Geología Estructural. Blume ed. Madrid. 132 pp.
- PIERI, D.C. (1984). "Junctions angles in drainage networks". Journal of Geophysical Research, 16, 241-244 pp.
- PINAR, G. y DECAMPS, H. (1988). "The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water: a conceptual model". Regulated Rivers, 2, 507-516 pp.
- PINILLA, A. y PEREZ-MATEOS, (1968). "Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la Cuenca Terciaria del Valle del Ebro III." Anales de Edafología y Agrobiología T. 27. n° 9-10, 594-617 pp.
- PUIGDEFABREGAS, C. (1975). "La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca". Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos n° 104, Jaca, 188 pp.
- PUIGDEFABREGAS, C., MUÑOZ, J.A., y MARZO, M. (1986). "Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin". In Spec. Publs. int. Ass. Sediment., 8, 229-246 pp.
- PUIGDEFABREGAS, C. Y SOUQUET, P. (1986). "Tecto-sedimentary cycles and depositional sequences of the Mesozoic and Tertiary from the Pyrenees". In Tectonophysics, 129, 173-203 pp.

- PUIGDEFABREGAS, J., GARCIA RUIZ, J.M. (1983). "Parámetros físicos del suelo y dinámica de vertientes en el Pirineo Central". VIII Coloquio de Geógrafos españoles, A.G.E. Barcelona: 131-138 pp.
- RAMOS, A. et al. (1979). Planificación Física y Ecología, EMESA, Madrid.
- RAMOS, A. (1989). "Introducción a los sistemas aluviales. Sistemas aluviales braided". En ARCHE, A. (Coord.). Sedimentología. CSIC., tomo I, 53-106 pp.
- RANKIN, D. (1980). "Trees and rivers". Jornal of the Soil Conservation Service of New South Wales 36, 33-129 pp.
- REID, I.; BEST, J.L. y FROSTIOK, L.E. (1989). "Floods and flood sediments at river confluences". Beven, K. y Carling, P. (Ed.), Floods: Hydrological, Sedimentological and Geomorphological Implications. 135-150 pp.
- REILLE, J. L. (1971). Les relations entre tectogenese et sedimentation sur le versant sud des Pyrénées Centrales. Tesis Doctoral. Montpellier.
- REINFELDS, I. y NANSON, G., 1993. "Formation of braided river floodplains, Waimakariri River, New Zealand" Sedimentology, Vol. 40, 1113-1127.
- RICHARDS, K.S. (1976). "The morphology of riffle pool sequences". Earth Srf. Proc., 1, 71-88 pp Sept. 2-176.
- RICHARDS, K.S. (1976). "Channel width and the riffle-pool sequence". Geol. Soc. American Bull., v. 87, p. 883-890 pp.
- RICHARDS, K.S. (1980). "A model on the changes in channel geometry at tributary junctions". Water Resouces Research, 16, 241-244 pp.
- RIEUCAU, L. (1957). "Morphologie des terrasses supérieures et moyennes de la Garonne entre les Petites Pyrénées et le Touch". Rev. Geomorph. dyn. 5-6. pp. 87-92.
- RIEUCAU, L. (1958). "Les hauts niveaux des terrasses de la Garonne entre les Petites Pyrénées et l'Auroue". Rev. Géogr. Pyr. et Sud-Ouest. 29-4. pp. 343-350.

- ROBISON, E.G. y BESCHTA, R.L. (1990). "Coarse woody debris and channel morphology interactions for undisturbed streams in southeast Alaska, U.S.A.". Earth Surface Processes and Landforms, 15, 149-156.
- ROSELL, J. y LLOMPART, (1982). "Pirineo". El Cretácico en España. Univ. Complutense de Madrid. 161-198 pp.
- ROSELL, J. (1988). "El Eoceno sudpirenaico: síntesis sedimentológica." En: Sistemas Deposicionales en la Evolución de Márgenes Continentales de la Península Ibérica. II Congreso Mundial Vasco. Public. del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz, 73-80 pp.
- ROY, A.G. (1985). "Optimal model of river branching angles", en: Woldenberg, M.J. (Ed). Models in Geomorphology. Binghamton Symposium in Geomorphology 14, Jordan, George Allen Unwin, 269-285 pp.
- ROY, A.G.; ROY, R. y BERGERON, N. (1988). "Hydraulic geometry and changes in flow velocity at a river confluence with coarse bed material". Earth Surface Processes and Landforms, vol. 13, 583-589 pp.
- RUBIO FERNÁNDEZ, V. y HERNÁNDEZ SANTÓN, C (1990). "La evolución reciente del cauce del río Ara". Cuadernos de Investigación Geográfica. Tomo XVI, 99-108 pp.
- RUBIO FERNANDEZ, V y GARCIA RUIZ, J.M., 1991."La evolución del Río Cinca". Pirineos. I.P.E. (Jaca).
- RUBIO, V.; TELLO, B.; TORCAL L.; TORTOSA, E.; 1993. "Interpretación Geomorfológica y Paleoclimática del alto valle del río Ara (Pirineo Aragonés), mediante análisis Petrográficos y Microscopia Electrónica de Barrido". Nuevos Procesos Territoriales pp.227-231. Universidad de Sevilla.
- RUST, B.R. (1972 a). "Structure and process in a braided river: Sedimentology, Vol. 18, 221-245 pp.
- RUST, B.R. (1972 b). "Pebble orientation in fluvial sediments: J. Sediment. Petrol. Vol. 42, 384-388 pp.
- RUST, B.R. (1975). "Fabric and structure in glaciofluvial gravels". En A. V. Jopling and B. C. McDonald, eds. Glaciofluvial and

glaciolacustrine sedimentation, Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Pub. 23, 238-248 pp.

RUST, B.R. (1978 a). "Depositional models for braided alluvium". A. D. Miall (ed.): Fluvial Sedimentology, Calgary, Can. Soc. Petrol. Geol., 859 pp., cf. 605-627 pp.

RUST, B.R. (1978 b). "A classification of alluvial channel systems". A. D. Miall (ed.): Fluvial Sedimentology, Calgary, Can. Soc. Petrol. Geol., 859 pp., cf. 187-197 pp.

SANJAUME, E., SEGURA, F. y MEYER, M.J. (1985). "Estudio sedimentológico sobre la Rambla de Chiva. Cuadernos de Investigación Geográfica 11: 125-136.

SCHULTZ, L.G. (1964). "Quantitative interpretation of mineralogical composition composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale". U.S. Giol. Surv. Prof. Paper 391-C: C1-C31.

SCHUMM, S.A. (1968). "Weather modification and the landscape". Yale Scientific Magazine, n° 42, pp. 10-23 pp.

SCHUMM, S.A. (1971). "Fluvial geomorphology: the historical perspective". In: SHEN, H.W. (Eds.): River mechanichs, vol. I, Fort Collins, Water Resources Publications, 4-1 a 4-30 pp.

SCHUMM, S.A. (1977). The Fluvial System, London, John Wiley & Sons, 338 pp.

SCHUMM, S.A., HARVEY, M.D. y WATSON, C.C. (1984). "Incised channel. Morphoogy, Dynamics and Control". Watter Resoucurs Publications, Littleton, Colorado., 200 pp.

SCHUMM, S.A., MOSLEY M.P., WEAVER W.E., (1987). Experimental Fluvial Geomorphology. Wiley & Sons.

SCHUMM, S.A., (1993). "River response to baselevel change: implications for sequence stratigraphy". Journal of Geology, v. 101, 279-294 pp.

SEGURA, F., SANJAUME, E. y MEYER, M.J. (1985). "Repercusiones de un fenómeno extraordinario en la Rambla de Chiva", I Coloquio sobre procesos actuales en Geomorfología, Jaca, Cologio Universitario de la Rioja, 137-148 pp.

- SEGURA, F. (1987). "La influencia del armouring sobre las características de los sedimentos de algunas ramblas del País Valenciano". X Congreso Nacional de Geografía (A.G.E.). Vol. I: 81-91 pp.
- SEGURET, M. (1967). "Mise en évidence sur le versant sud des Pyrénées centrals d'une nappe à matériel cretace déversée au Sud: la nappe de Cotiella". C. R. Acad. Sciences. Paris, T. 265, pp. 1448-1451. Serie D.
- SEGURET, M. (1972). "Etude tectonique des nappes et series decollés de la partie centrale du versant sud des Pyrénées". Ustela, 162 pp.
- SERET, G. (1965). "La succession des épisodes fluviatiles périglaciaires et fluvioglaciaires á l'aval des glaciers". Z. für Geomorphologie N. F. Bd. 9, Heft 3.
- SERRANO, E. (1991). Geomorfología glaciar de Panticosa-Biescas, Pirineo Aragonés. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, 953 pp.
- SERRANO, E. (1991). "Glacial Evolution of the upper Gallego valley (Panticosa Mountains and Ribera de Biscas, Aragonese Pyrenees, Spain." Pirineos, 138, 83-78 pp.
- SERRANO, E.; MARTINEZ DE PISON, E. ; MARTINEZ, R.; CANTARINO, I.; NAVARRO, J. (1991). "El glaciar noroccidental del Besiberri (Pirineo de Lérida)". Pirineos, 137: 95-109 pp.
- SERRANO, E. y MARTINEZ DE PISON, E. (1994). "Geomorfología y evolución glaciar en el Pirineo Aragonés Oriental". El glaciarismo surpirenaco: Nuevas aportaciones, 33-64 pp. Geoforma Ediciones, Logroño.
- SERRAT, D.; VILAPLANA, J.M. y MARTI BONO, C. (1983). "Some depositional models in glaciolacustrine environments (Southern Pyrennes)". En Till and related deposits, 231-244, Balkema, Rotterdam.
- SHERLOCK, R. L. (1923). "The influence of man as an agent in geographical change". Geogr. Journal, 61, 258-273 pp.
- SOLE SABARIS, L. (1942). "La Canal de Berdún". Estudios Geográficos, III, 6: 271-318 pp.

- SOLE SABARIS, L. y LLOPIS LLADÓ, N. (1944). "Estudios geológicos en el Atlo valle del Segre". Ilerda, nºII, 275-338 pp.
- SOLE SUGRAÑES, L. (1978). "Gravity and compressive nappes in the Central Southern Pyrenees (Spain)". American Journal of Science, V. 278, 609-637 pp.
- SOLER, M. PUIGDEFABREGAS, C. (1970). "Líneas generales de la geología del Alto Aragón Occidental". Pirineos, 96:5-20 pp.
- SOLER, M. PUIGDEFABREGAS, C. (1972). "Esquema litológico del Alto Aragón Occidental". Pirineos, 106: 5-15 pp.
- SOUQUET, P. (1965). "Sobre la estructura del valle de Arazas, al sur del Macizo de Monte Perdido (Pirineos Aragoneses, España)". Instituto Geológico y Minero de España, nº78, 125-128 pp.
- SOUQUET, P. y MEDIAVILLA, F. (1976). "Nouvelle hypothèse sur la formation des Pyrénées". C. R. Acad. Sciences. Paris.t.282 pp. 2139-2142.
- SMITH, N.D. (1970). "The braided stream depositional environment: Comparison of the Platte River with Silurian Clastic Rocks, North-Central Appalachians". Bull. Geol. Soc. Ann. 81, pp. 2993-3014 pp.
- SMITH, M.F. (1975). "Environmental and ecological effects of dredging -a bibliography with abstracts-". Springfield: National Technical Information Service Report for 1964-1975.
- SMITH, N.D. (1974). "Sedimentology and bar formation in the upper Kicking Horse River, a braided outwash stream". J. Geol., 82, 205-223 pp.
- SMITH, N.D. (1976). "Effect of vegetation on lateral migration of anastomosed channels of a glacier meltwater river". Geological Society of American Bulletin, 87: 857-860 pp.
- SMITH, N.D. (1978). "Some comments on terminology for bars in shallow rivers. In: Fluvial Sedimentology. Miall, A.D. (Ed). Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 5: 85-88 pp.
- SMITH, D.G. y SMITH, N.D. (1980). "Sedimentation in anastomosed river systems: examples from alluvial valleys near Bonnff, Alberta". J. of Sed. Petrology, 50, 1, 157-164 pp.

- STEEL, R.J. y THOMPSON, D.B. (1983). "Structures and textures in Triassic braided stream conglomerates ("Bunter" Pebble Beds) in the Sheerwood Sandstone Group, North Staffordshire, England". Sedimentology, 30, 341-367 pp.
- SUTTNER, L. J. y DUTTA, P.K. (1986). "Aluvial sandstone compositions and paleoclimate". Journal Sediment. Petrology, 56, pp.329-345.
- TAILLEFER, F. (1951). Le piémont des Pyrénées française. Toulouse. Privat, 383 pp.
- TAILLEFER, F. (1957). "Glaciare Pyreneen: versant nord et versant sud". Revue Geographique des Pyrénées et du Sud Ouest, 28 (3):221-224.
- TAILLEFER, F. (1966). "Quaternaire et géomorphologie sur le versant nord des Pyrénées centrales". Rev. Geol. Py. S. O. 37, 47-57 pp.
- THIEBAULT, CL. (1970). Recherches sur les terrains quaternaires du bassin de l'Adour. Thèse Sci. Bourdeaux, ronéo, 814 pp.
- THORNES, J.B. (1976). "Structural inestability an ephemeral channel behaviour". Z. Geomor. N.F. 36, 233-244 pp.
- THORNE, C.R., BATHURST, J.C. y HEY R.D. (1987). Sediment Transport in Gravel-Bed Rivers. John Wiley & Sons.
- VANNOTE, R.L. (1980). "Dynamics of loctic rivers ecosystems". Canadian Journal Fish. Aquat. Sci., 37-130 pp.
- VAUDOUR, J. (1979). La région de Madrid. Altérations, sols et paléosols. Ed. Ophrys. 391 pp.
- VELDE, E.J. Van Der (1967) " Geology of the Ordesa overthrust mass, Spanish Pyrenees, province of Huesca". Estudios geológicos. 163-201 pp.
- VIERS, G. (1962). Pays basque francais et Barétous. Le relief des Pyrénées Occidentales et leur Piémont. Privat, édit. Toulouse 604 pp.
- VIERS, G. (1973). "Los Pirineos". Oikos Tau, col. ¿que se?, Barcelona. 128 pp.

- VILAPLANA, J.M. (1983). "Quaternary glacial geology of Alta Ribagorza Basin (Central Southern Pyrennes)". Acta Geológica Hispánica, 18 (3): 207-213 pp.
- VILLAR, L. (1977). "Algunos aspectos sobre solifluxión y crioturbación flora y vegetación". Actas Grup. Tr. Cuaternario: 299-308 pp. Madrid.
- VLIET Van, A. (1982). Submarine fans and associated deposits in the Lower Tertiary of Guipuzcoa (Northern Spain). Tesis Doctoral, Univ. Utrech.
- VOGT, H. (1962). "Les facteurs de la dynamique de l'Adour moyen". Rev. Géomorph. dynam. 4-5-6. p.12
- VOÏNOVITCH, I.A. (1988). Analyse des sols, roches et ciments. Ed. Masson. Paris. France.
- VOO, R. Van Der (1966). "Geology of the Sierra de Tendeñera, region, Spanish Pyrenees, province of Huesca". Estudios Geológicos. Vol. XXII n° 1-2: 61-64 pp.
- USSELMANN, P. (1964). Aménagement de la haute Plaine de l'Adour. Thèse 3e cycle, Fac. Lettres Strasbourg.
- WALKER, R.G. (Ed.) (1979). "Facies Models 3: sandy fluvial systems". Geoscience Canada, Reprint Series, 1, 211 pp.
- WARD, J.V. y STANDFORD, J.A. (eds. 1979). The ecology of regulated streams, Plenum.
- WENGER, K.F. (Ed.) (1984). Forestry Handbook, John Wiley & Sons, New York.
- WENSINK, H. (1962). "Paleozoic of the upper Gallego and Ara valleys, Huesca province, Spanish Pyrenees". Est. Geolog., vol XVIII, n° 1-2.
- WERRITTY, A., (1992). "Downstream fining in a gravel-bed river in southern Poland: lithologic controls and the role of abrasion, in Billi, P., Hey, R.D., Thorne, C.R., and Tacconi, P., eds., Dynamics of Gravel-bed Rivers. Chichester, John Wiley & Son, 333-346 pp.

WOLMAN, M.G. (1954). "A method of sampling coarse river-bed material".
Trans. Amer. Geophys. Union, 35: 951-956 pp.

VIII. ANEXOS

VIII. ANEXOS

ANEXO I : Datos proyección estereografica.

ANEXO II: Datos morfométricos.

ANEXO III: Mineralogía de arcillas.

ANEXO IV: Análisis químico de las muestras.

ANEXO I : DATOS PROYECCIÓN ESTEREOGRAFICA.

C1	Db	B	DL	BL	L	I
1	260	20	160	8	140	100
2	60	8	55	5	110	70
3	30	18	280	15	120	75
4	165	22	255	10	135	75
5	25	20	280	8	140	55
6	120	10	120	10	55	50
7	70	18	110	15	40	35
8	90	18	120	18	170	140
9	45	28	45	28	155	85
10	40	18	125	8	125	75
11	270	5	270	2	55	45
12	90	45	90	45	50	40
13	30	40	300	20	35	30
14	135	40	105	45	55	35
15	270	10	325	5	100	80
16	270	15	280	15	95	45
17	340	20	360	10	80	65
18	90	15	90	15	75	55
19	190	40	160	12	55	50
20	180	8	180	8	100	45
21	150	5	190	8	110	110
22	10	18	110	12	75	55
23	270	15	220	10	120	70
24	145	10	180	5	75	70
25	300	25	300	25	110	70
26	305	18	320	20	85	65
27	0	10	310	5	65	45
28	30	18	30	18	85	45
29	330	8	330	8	115	75
30	340	5	75	5	75	55
31	325	30	325	30	115	55
32	290	5	270	5	165	110
33	90	15	350	8	75	65
34	340	20	360	12	125	90
35	310	12	335	15	170	85
36	275	5	255	5	140	70
37	40	10	40	10	85	60
38	270	10	350	8	100	95
39	30	22	300	5	110	80
40	320	20	230	15	85	70
41	250	2	240	2	100	45
42	0	10	250	0	110	90
43	280	18	300	15	85	55
44	120	25	120	25	95	65
45	0	20	270	8	90	60
46	345	10	260	5	80	75
47	180	2	150	12	110	70
48	300	15	270	12	110	40
49	90	12	90	12	110	40
50	150	12	155	2	115	70

C2	Db	B	DL	BL	L	I
1	180	45	280	60	130	80
2	280	20	280	20	145	65
3	50	8	140	5	95	55
4	310	22	310	22	60	45
5	130	40	190	20	55	50
6	30	50	300	8	145	95
7	100	25	135	30	140	90
8	245	8	245	8	135	60
9	0	15	0	15	85	70
10	340	35	260	8	55	50
11	0	32	40	2	90	65
12	30	22	110	2	75	55
13	240	30	340	20	80	55
14	340	45	340	45	80	70
15	30	45	110	18	195	90
16	300	5	15	2	140	115
17	30	45	320	30	70	45
18	340	40	70	2	170	140
19	25	18	25	18	120	45
20	20	22	320	20	100	55
21	5	35	320	28	80	50
22	30	45	30	45	75	70
23	0	42	300	18	135	75
24	280	40	280	40	55	45
25	25	10	300	5	80	55
26	330	22	280	8	120	90
27	320	20	320	20	180	95
28	330	12	370	15	95	70
29	0	28	260	5	85	45
30	300	18	300	18	124	45
31	160	18	200	8	110	60
32	5	10	290	0	130	100
33	5	18	300	2	95	55
34	5	5	5	5	120	80
35	300	8	190	2	135	80
36	40	65	340	20	90	65
37	350	25	60	5	70	55
38	320	18	240	2	130	100
39	310	62	310	62	92	50
40	40	20	40	20	100	35
41	350	22	270	12	70	65
42	310	5	310	5	85	50
43	320	5	300	5	190	90
44	140	25	140	25	185	90
45	40	5	40	5	115	65
46	350	30	35	28	130	80
47	70	25	18	150	100	45
48	310	35	240	12	85	70
49	35	32	310	12	95	75
50	0	30	300	22	75	40

BARRA 5

C3	Db	B	DL	BL	L	I
1	40	55	70	35	120	90
2	325	2	30	2	100	85
3	10	35	290	15	85	65
4	40	30	300	18	155	115
5	300	5	30	5	90	45
6	0	20	280	5	90	70
7	100	20	200	10	100	65
8	5	32	290	5	90	65
9	350	20	20	18	65	55
10	180	15	275	0	85	55
11	160	12	160	12	60	35
12	0	30	90	0	110	85
13	0	10	0	10	85	40
14	30	45	310	5	80	60
15	25	40	100	5	80	55
16	100	15	100	15	100	60
17	40	30	120	5	100	75
18	40	22	110	25	135	85
19	30	15	100	5	100	85
20	10	12	10	12	170	80
21	20	30	30	15	95	70
22	0	48	40	80	80	70
23	240	15	180	2	145	115
24	100	25	25	5	95	55
25	25	35	290	8	120	90
26	10	25	80	22	170	115
27	35	35	35	35	115	80
28	40	40	110	18	110	65
29	30	35	300	5	195	110
30	0	30	30	15	75	50
31	25	15	320	20	100	55
32	200	30	290	8	160	65
33	30	32	30	32	65	55
34	20	20	290	2	100	60
35	40	58	295	20	75	45
36	5	22	270	8	65	60
37	345	15	345	15	85	65
38	0	20	90	10	80	50
39	0	20	90	10	80	50
40	30	68	110	2	85	55
41	30	40	100	2	80	55
42	130	28	80	28	80	60
43	120	28	120	28	55	50
44	30	32	30	32	190	125
45	270	5	20	0	140	70
46	290	25	20	12	210	155
47	250	32	60	20	70	55
48	25	55	70	22	85	50
49	310	15	310	15	110	65
50	340	28	290	20	145	95

BARRA 5

C4	Db	B	DL	BL	L	I
1	30	20	300	5	130	85
2	55	32	0	25	55	45
3	20	25	300	12	65	55
4	310	22	300	0	110	75
5	0	20	0	20	85	55
6	40	38	40	38	95	80
7	30	15	80	10	100	50
8	350	22	350	22	85	50
9	30	32	310	5	120	95
10	0	32	90	25	85	55
11	0	40	90	18	85	65
12	0	45	90	40	50	40
13	0	68	80	20	100	55
14	0	52	300	20	115	80
15	210	5	300	2	75	60
16	30	50	300	22	85	60
17	310	28	30	10	95	65
18	30	35	340	25	85	45
19	330	35	50	20	110	75
20	50	15	50	15	120	100
21	330	32	270	8	60	40
22	50	10	50	10	95	30
23	5	28	70	5	80	75
24	30	38	100	25	130	100
25	5	45	5	45	120	80
26	40	25	90	10	145	110
27	30	15	270	15	100	70
28	40	28	40	28	75	75
29	50	35	50	35	75	75
30	30	25	70	18	120	80
31	80	32	40	12	135	75
32	210	5	210	5	120	55
33	10	28	50	22	190	100
34	20	20	90	18	90	60
35	40	28	40	28	85	50
36	50	35	340	22	65	40
37	270	15	0	12	75	50
38	35	35	35	35	75	45
39	300	12	20	5	95	55
40	25	40	100	10	100	80
41	180	35	280	5	135	100
42	100	20	180	5	75	55
43	35	12	35	12	120	80
44	60	20	80	15	155	85
45	20	20	20	20	110	70
46	290	0	290	0	80	40
47	20	48	110	25	220	120
48	10	40	80	12	110	95
49	10	50	340	35	130	70
50	310	28	310	28	80	65

BARRA 8

C1	Db	B	DL	BL	L	I
1	90	25	180	5	95	65
2	90	50	180	0	60	35
3	150	15	240	10	65	45
4	180	8	260	5	75	40
5	150	38	240	10	75	70
6	130	10	40	0	130	95
7	180	0	180	0	135	95
8	160	0	160	0	160	110
9	80	45	125	30	170	135
10	330	68	60	0	140	90
11	0	35	0	35	120	95
12	70	40	150	20	155	75
13	150	12	150	12	110	100
14	30	30	100	10	145	85
15	40	40	120	8	140	70
16	300	18	40	5	240	160
17	330	20	45	5	185	135
18	340	18	60	8	270	190
19	260	12	350	10	275	120
20	0	15	0	15	165	150
21	320	15	50	5	130	45
22	80	10	80	10	135	100
23	0	30	70	10	60	50
24	70	15	70	15	80	50
25	30	70	100	10	130	85
26	180	28	90	12	160	110
27	165	30	90	10	125	95
28	150	35	70	5	130	95
29	130	40	130	40	110	65
30	155	32	90	10	130	85
31	70	20	70	20	80	70
32	350	35	350	35	85	55
33	340	35	60	25	145	120
34	20	28	300	15	150	70
35	40	40	0	30	260	110
36	220	35	310	5	100	60
37	30	35	310	2	90	60
38	310	20	310	20	110	75
39	0	15	70	12	170	155
40	300	15	300	15	160	135
41	30	20	30	20	95	80
42	90	20	90	20	160	85
43	140	35	30	15	120	75
44	35	22	35	22	110	50
45	30	30	300	5	200	150
46	60	10	330	5	110	85
47	10	50	90	5	70	45
48	80	45	0	15	85	50
49	330	30	330	30	1000	60
50	20	18	300	12	230	150

C2		Db	B	DL	BL	L	I
	1	300	60	220	10	190	140
	2	300	55	220	15	150	120
	3	320	25	320	25	190	110
	4	320	30	320	30	145	110
	5	330	32	330	32	185	75
	6	250	20	310	12	120	80
	7	300	50	300	50	90	70
	8	300	30	300	30	110	75
	9	290	50	220	22	75	50
	10	330	28	260	8	90	65
	11	340	38	270	22	90	45
	12	25	28	300	10	100	65
	13	0	42	40	35	90	55
	14	20	60	350	30	140	90
	15	0	60	40	45	130	80
	16	250	35	210	30	90	40
	17	260	28	300	8	85	75
	18	280	20	230	8	125	80
	19	340	35	230	5	120	75
	20	120	10	120	10	135	110
	21	300	70	300	70	80	80
	22	300	12	20	0	115	85
	23	0	2	0	2	145	100
	24	290	5	290	5	75	65
	25	320	32	320	32	120	100
	26	245	15	245	15	110	40
	27	300	22	10	2	135	85
	28	340	32	260	12	90	55
	29	0	50	310	20	120	75
	30	310	45	20	12	130	85
	31	250	12	250	12	100	95
	32	330	12	280	5	110	95
	33	260	5	340	10	85	60
	34	170	8	210	8	100	70
	35	350	50	280	10	95	70
	36	0	42	300	28	165	120
	37	30	20	310	15	155	80
	38	20	15	20	15	150	100
	39	250	22	250	22	145	110
	40	300	22	300	22	140	120
	41	10	45	90	5	160	65
	42	30	45	90	8	100	85
	43	120	10	120	10	90	75
	44	310	30	30	2	110	80
	45	330	45	50	2	130	70
	46	270	5	270	5	100	40
	47	340	25	20	20	100	70
	48	0	32	30	38	100	95
	49	330	45	330	45	75	65
	50	320	50	30	18	150	90

BARRA 8

C3	Db	B	DL	BL	L	I
1	210	18	210	18	120	95
2	250	25	250	25	125	95
3	300	30	300	30	60	50
4	250	30	190	20	60	50
5	240	32	170	12	110	65
6	270	32	0	0	75	60
7	260	38	260	38	80	80
8	270	45	270	45	60	50
9	80	10	180	8	120	100
10	220	30	220	30	80	70
11	270	20	300	5	155	95
12	210	12	210	12	85	80
13	100	10	180	0	70	45
14	280	12	280	12	75	50
15	280	30	210	15	60	60
16	300	10	200	10	110	75
17	270	18	190	15	120	70
18	190	40	190	40	65	45
19	290	18	290	18	90	65
20	290	20	240	8	90	75
21	0	30	0	30	10	10
22	10	25	10	25	90	70
23	350	12	260	0	150	120
24	230	42	240	5	230	140
25	0	10	275	10	160	110
26	5	90	5	70	80	70
27	350	5	350	5	100	90
28	330	60	240	10	270	70
29	250	45	160	5	80	55
30	250	18	250	18	70	50
31	245	30	210	20	85	70
32	40	28	40	28	140	110
33	30	10	65	12	110	100
34	10	5	10	5	65	50
35	20	8	20	8	60	40
36	300	25	300	25	100	90
37	220	55	300	20	90	70
38	240	48	310	20	70	50
39	260	38	180	20	90	50
40	270	32	190	22	135	110
41	280	25	0	0	135	85
42	290	2	290	2	60	55
43	220	35	220	35	90	90
44	300	30	300	30	100	60
45	270	38	350	18	50	85
46	230	18	300	20	90	70
47	240	20	300	15	120	100
48	270	28	200	15	90	60
49	270	30	270	30	60	40
50	270	38	210	18	85	65

C4	Db	B	DL	BL	L	I
1	330	30	330	30	115	60
2	280	10	280	10	85	55
3	290	32	290	32	90	50
4	330	32	330	32	130	90
5	350	15	350	15	110	65
6	340	20	270	10	75	35
7	340	22	340	22	95	70
8	260	32	340	8	85	60
9	300	40	230	18	80	70
10	330	20	330	20	100	80
11	230	40	300	8	125	85
12	310	28	310	28	120	75
13	330	45	40	28	110	85
14	0	10	0	10	90	70
15	120	12	210	2	130	100
16	300	40	0	2	75	70
17	290	28	210	5	90	65
18	280	35	210	5	135	80
19	300	12	300	12	80	45
20	230	30	290	0	120	70
21	240	32	300	15	110	60
22	300	30	300	30	75	50
23	330	30	330	30	130	75
24	320	28	320	28	135	100
25	300	22	300	22	190	110
26	270	15	270	15	120	65
27	270	15	270	15	60	40
28	250	40	330	10	100	75
29	300	42	300	42	80	75
30	270	12	190	15	70	55
31	280	38	190	5	90	65
32	270	40	180	5	115	100
33	330	30	250	15	95	75
34	240	5	240	5	145	100
35	180	20	180	20	125	80
36	300	38	240	15	150	85
37	340	45	250	8	100	50
38	330	38	30	5	100	55
39	300	30	0	10	95	65
40	330	65	0	18	95	65
41	270	45	0	5	110	80
42	300	25	300	25	95	95
43	290	20	290	20	130	125
44	280	20	280	20	130	80
45	140	20	140	20	85	55
46	310	15	310	15	135	65
47	290	25	0	15	150	75
48	310	15	310	15	75	45
49	330	28	40	5	110	45
50	300	8	300	8	85	45

C1	Db	B	DL	BL	L	I
1	70	42	340	0	140	55
2	25	30	310	5	110	70
3	30	30	320	10	85	70
4	65	20	345	5	140	100
5	30	20	330	8	140	80
6	30	25	325	5	70	40
7	80	65	140	12	85	50
8	100	55	10	5	60	40
9	40	20	305	0	100	85
10	60	12	90	10	140	100
11	60	15	30	5	65	40
12	30	60	300	25	75	45
13	50	15	330	5	95	65
14	10	12	90	5	110	95
15	100	55	180	15	80	40
16	60	25	60	25	80	55
17	80	30	80	30	120	55
18	230	25	320	8	150	80
19	10	20	10	20	160	110
20	60	55	340	2	145	90
21	60	40	330	5	130	70
22	0	30	280	0	70	35
23	60	25	340	5	70	40
24	230	25	340	0	80	50
25	240	45	270	10	85	65
26	30	30	0	15	75	50
27	25	45	80	10	210	100
28	60	15	60	15	70	50
29	60	30	30	10	70	55
30	90	5	130	12	120	90
31	60	50	120	32	60	30
32	70	30	340	5	115	70
33	280	12	230	55	80	45
34	0	20	330	0	100	95
35	60	35	0	15	95	70
36	100	40	25	5	110	85
37	40	40	40	40	55	45
38	20	18	20	18	60	35
39	350	35	350	35	55	50
40	30	20	130	2	90	65
41	100	12	100	12	110	30
42	0	20	0	20	90	60
43	80	65	150	25	80	75
44	60	60	340	0	100	60
45	50	65	330	0	90	65
46	30	15	65	20	130	100
47	80	10	80	10	130	90
48	0	30	60	25	155	110
49	135	30	90	28	110	65
50	60	25	60	25	110	45

BARRA 9

C2	Db	B	DL	BL	L	I
1	50	20	50	20	110	50
2	90	75	10	0	90	70
3	70	80	330	5	150	85
4	70	15	0	0	110	75
5	60	10	60	10	130	80
6	90	35	30	10	90	65
7	220	0	220	0	130	60
8	90	15	0	10	90	70
9	100	40	10	0	155	100
10	0	10	0	10	125	80
11	90	35	90	35	75	75
12	70	45	70	45	100	95
13	280	0	0	10	110	90
14	90	15	90	15	90	70
15	0	25	0	25	110	75
16	50	12	120	15	90	70
17	100	20	100	20	75	55
18	10	30	90	5	70	65
19	70	35	70	35	110	70
20	50	20	50	20	140	100
21	120	5	70	0	160	100
22	130	20	50	10	110	70
23	40	15	40	15	70	55
24	120	20	60	12	95	80
25	70	20	70	20	80	55
26	90	30	150	5	80	50
27	120	50	40	20	165	60
28	300	20	210	5	120	55
29	60	20	10	5	110	80
30	210	85	120	5	170	95
31	240	30	180	20	145	75
32	80	20	20	5	110	80
33	260	15	260	15	110	55
34	350	50	40	0	100	65
35	60	15	350	15	120	45
36	50	25	50	25	60	60
37	40	20	310	10	170	70
38	0	25	90	0	65	60
39	70	5	70	5	110	100
40	260	20	340	8	110	60
41	60	20	150	10	190	75
42	190	25	190	25	125	125
43	60	12	150	5	110	60
44	100	0	20	0	110	70
45	270	0	350	0	80	60
46	30	30	0	10	80	40
47	20	30	20	30	70	35
48	100	30	180	0	80	65
49	50	60	130	0	120	50
50	210	10	120	10	130	80

BARRA 9

C3	Db	B	DL	BL	L	I
1	30	10	30	10	210	60
2	65	15	100	18	150	80
3	50	20	10	22	130	70
4	60	28	60	28	120	60
5	40	0	310	10	190	110
6	30	30	340	20	100	80
7	30	35	330	0	130	80
8	20	18	20	18	100	50
9	335	35	70	10	135	75
10	30	22	30	22	145	120
11	30	10	30	10	80	40
12	10	32	90	5	90	60
13	20	0	20	0	80	60
14	40	30	340	5	120	70
15	35	25	320	8	60	55
16	40	12	40	12	90	40
17	20	40	320	0	170	100
18	40	18	335	2	200	130
19	35	15	35	15	120	70
20	40	10	40	10	80	40
21	10	65	120	30	110	50
22	30	35	300	10	60	50
23	45	40	125	10	210	130
24	100	10	100	10	140	100
25	35	70	120	18	140	90
26	0	30	0	30	140	130
27	20	10	20	10	80	45
28	30	20	230	10	100	80
29	20	35	290	5	130	80
30	340	35	70	2	110	40
31	330	40	60	2	80	50
32	0	40	0	40	80	55
33	30	30	300	20	110	100
34	30	10	30	10	165	90
35	20	10	20	10	80	50
36	40	40	330	5	125	75
37	110	20	30	0	60	50
38	270	40	350	0	110	65
39	320	0	320	0	180	75
40	60	70	320	0	200	120
41	40	70	140	0	100	60
42	30	0	30	0	95	60
43	0	30	270	0	160	75
44	150	5	150	5	100	70
45	300	15	220	5	110	45
46	30	12	30	12	115	60
47	280	35	0	0	210	100
48	250	0	250	0	170	60
49	120	40	200	0	90	60
50	330	22	330	22	140	90

C4	Db	B	DL	BL	L	I
1	330	50	40	5	125	95
2	340	50	60	5	150	120
3	220	45	60	0	240	145
4	340	45	290	10	100	55
5	320	65	320	65	110	100
6	330	45	330	45	70	50
7	280	45	20	20	120	80
8	330	30	330	30	110	70
9	300	30	220	0	95	50
10	0	75	280	10	120	45
11	310	50	230	0	115	70
12	290	30	330	32	95	55
13	300	50	210	0	110	60
14	290	50	240	5	95	75
15	300	50	0	20	110	80
16	330	60	30	28	80	60
17	330	20	330	20	90	60
18	330	15	300	10	60	45
19	260	15	260	15	90	80
20	0	35	0	35	120	60
21	330	10	240	20	100	50
22	230	20	230	20	70	50
23	350	20	75	18	150	120
24	350	28	70	2	135	135
25	335	45	335	45	140	110
26	350	30	350	30	75	50
27	0	45	60	5	125	80
28	350	50	280	20	90	60
29	225	50	290	30	90	40
30	300	42	290	42	85	45
31	300	25	300	25	155	115
32	240	25	240	25	160	95
33	340	45	260	15	70	40
34	340	20	340	20	125	60
35	330	45	20	25	110	55
36	340	18	340	18	155	75
37	320	35	50	5	170	120
38	320	40	30	5	110	80
39	300	45	20	12	110	80
40	330	40	260	20	135	80
41	350	15	270	2	300	155
42	300	10	210	5	145	65
43	280	5	230	10	95	60
44	290	40	20	2	145	70
45	310	10	30	8	90	60
46	320	50	320	50	90	50
47	320	22	320	22	135	65
48	340	20	340	20	115	60
49	270	15	0	2	150	100
50	310	25	310	25	90	70

C1	B	Db	DL	BL	L	I
1	40	275	275	40	180	130
2	30	280	280	30	180	150
3	13	290	10	10	120	95
4	10	90	350	5	190	120
5	20	280	350	3	180	150
6	25	280	280	25	165	110
7	10	90	30	5	200	150
8	35	240	160	5	300	220
9	70	290	210	10	110	90
10	55	285	210	7	140	110
11	5	100	100	5	110	85
12	45	70	345	2	105	65
13	10	270	340	2	105	65
14	35	310	220	5	250	200
15	40	185	300	25	110	75
16	2	350	350	2	125	70
17	15	35	35	15	130	110
18	45	330	330	45	185	120
19	5	340	340	5	110	90
20	15	320	250	7	100	70
21	15	330	330	15	260	140
22	3	345	345	3	125	105
23	2	340	340	2	115	55
24	30	350	240	10	95	70
25	10	0	90	7	95	70
26	10	320	0	250	95	75
27	12	260	260	12	90	80
28	22	180	180	22	95	65
29	15	180	90	8	90	80
30	25	150	90	8	75	50
31	15	330	330	15	95	60
32	15	340	340	15	180	85
33	15	220	220	15	115	75
34	18	250	200	8	110	70
35	3	30	30	3	115	70
36	12	275	210	5	130	95
37	12	330	320	10	85	70
38	15	140	220	0	180	130
39	8	320	300	3	85	60
40	50	260	190	30	100	100
41	15	150	120	10	95	80
42	22	90	180	10	95	40
43	30	90	340	15	165	90
44	25	270	270	25	115	110
45	30	240	300	15	290	140
46	65	270	0	3	145	65
47	20	60	60	20	150	70
48	15	330	20	0	115	80
49	20	230	310	10	110	85
50	10	330	30	15	220	95

BARRA 11

C2	B	Db	DL	BL	L	I
1	30	150	200	5	170	80
2	15	310	310	15	65	120
3	28	130	0	8	95	60
4	5	330	330	5	185	50
5	8	300	300	8	115	65
6	25	0	120	8	140	75
7	28	330	240	12	110	60
8	10	260	260	10	100	75
9	20	280	40	10	100	65
10	20	60	130	8	90	65
11	32	340	50	5	150	80
12	15	190	190	15	145	110
13	8	310	20	3	95	55
14	0	170	170	0	110	30
15	65	30	300	15	170	120
16	15	330	250	0	130	95
17	38	330	240	5	100	85
18	20	335	65	0	90	70
19	20	300	210	15	80	70
20	0	320	320	0	90	50
21	30	330	250	8	90	60
22	12	330	330	12	80	55
23	10	340	270	10	120	70
24	22	330	280	20	65	40
25	35	200	200	35	120	70
26	32	340	270	8	100	65
27	18	300	300	18	130	80
28	10	260	260	10	80	75
29	18	290	260	20	160	140
30	55	290	220	5	120	80
31	22	290	240	20	190	130
32	15	80	150	0	160	90
33	60	330	240	10	110	100
34	22	320	220	0	110	80
35	10	310	310	10	130	120
36	15	130	200	8	110	60
37	0	170	170	0	70	45
38	18	320	20	5	200	130
39	8	310	310	8	110	80
40	20	330	220	3	260	120
41	8	340	260	0	100	85
42	18	335	335	18	65	45
43	12	70	70	12	60	50
44	10	350	350	10	55	40
45	35	270	340	0	70	40
46	15	260	340	0	70	45
47	15	60	120	5	80	70
48	12	190	190	12	85	75
49	20	300	210	5	150	90
50	25	310	310	25	60	55

C3	B	Db	DL	BL	L	I
1	20	320	70	3	8	55
2	30	260	260	30	85	60
3	30	330	260	10	80	40
4	20	165	240	15	80	55
5	32	350	270	5	75	45
6	22	290	220	8	90	40
7	12	310	310	12	80	50
8	45	90	160	25	95	50
9	45	150	30	15	95	90
10	15	280	280	15	100	65
11	20	30	30	20	70	40
12	25	340	60	8	100	70
13	15	260	330	0	90	70
14	32	320	320	32	100	50
15	5	220	230	3	65	35
16	35	310	230	0	70	55
17	10	240	240	10	120	65
18	22	150	40	5	85	60
19	18	330	0	12	75	70
20	15	30	30	15	120	70
21	25	300	300	20	100	70
22	20	300	300	20	100	70
23	30	320	255	12	65	55
24	15	330	330	15	110	70
25	28	50	50	28	60	45
26	20	350	350	20	110	50
27	10	170	170	10	120	45
28	22	165	130	10	85	40
29	25	280	270	10	80	45
30	15	330	330	15	80	55
31	10	40	300	3	85	40
32	35	130	180	5	100	75
33	35	130	180	5	100	75
34	15	300	300	15	100	55
35	15	150	210	8	160	100
36	10	270	270	15	135	80
37	30	50	330	15	135	80
38	25	150	180	0	110	85
39	15	240	270	10	80	60
40	28	220	300	0	75	40
41	20	220	240	15	75	50
42	10	90	90	10	90	70
43	10	320	320	10	100	55
44	30	300	25	20	165	70
45	12	250	250	12	75	55
46	25	350	260	15	75	50
47	35	320	230	8	95	65
48	5	180	180	5	120	50
49	50	150	230	10	180	75
50	22	350	12	60	70	50

BARRA 11

C4	B	Db	DL	BL	L	I
1	20	45	45	20	120	115
2	20	330	330	20	225	150
3	25	340	80	5	120	90
4	55	330	260	5	140	100
5	40	0	0	40	85	65
6	20	330	330	20	220	150
7	15	340	340	15	160	100
8	25	300	300	25	170	120
9	45	320	40	5	210	60
10	10	355	60	5	175	120
11	12	330	270	8	75	55
12	18	330	60	0	130	120
13	14	350	60	3	150	125
14	18	350	350	18	140	105
15	40	350	350	40	100	85
16	22	270	270	22	180	220
17	12	305	330	15	310	310
18	15	310	240	8	145	115
19	22	330	260	5	115	85
20	15	340	70	8	170	110
21	15	310	260	3	200	140
22	20	300	30	5	220	170
23	35	280	190	0	190	130
24	30	280	330	10	105	70
25	15	330	330	15	220	115
26	58	300	30	8	240	150
27	35	270	270	35	150	95
28	30	0	320	12	95	65
29	10	140	140	10	110	50
30	30	0	50	5	160	90
31	40	0	270	30	165	100
32	35	220	140	15	145	75
33	12	90	90	12	140	75
34	65	350	85	3	220	180
35	40	270	340	20	180	130
36	25	340	340	25	150	90
37	35	0	280	0	140	135
38	50	30	20	320	120	110
39	10	20	20	10	110	60
40	40	0	280	10	100	65
41	20	330	250	3	70	60
42	32	340	340	32	95	90
43	25	320	320	25	190	85
44	40	320	270	12	95	90
45	15	300	340	8	70	60
46	42	240	340	0	90	65
47	40	250	180	20	70	60
48	40	120	190	10	160	90
49	30	25	25	30	80	60
50	12	270	270	12	265	150

C5	B	Db	DL	BL	L	I
1	26	340	90	0	155	115
2	55	350	110	0	300	145
3	70	340	90	15	55	50
4	17	320	260	10	105	90
5	40	30	330	5	130	90
6	50	350	270	20	120	70
7	40	150	80	18	85	35
8	18	300	300	18	125	95
9	25	340	260	10	235	130
10	42	270	20	8	85	65
11	22	30	30	22	145	100
12	15	330	75	5	100	700
13	20	340	340	20	95	70
14	22	330	240	10	115	70
15	20	320	60	3	100	60
16	7	330	250	7	105	65
17	48	20	100	0	75	70
18	33	40	40	33	300	145
19	5	230	210	5	120	110
20	35	320	5	40	185	100
21	20	65	330	15	100	70
22	5	50	170	5	120	110
23	20	20	100	10	130	70
24	45	25	280	8	165	130
25	15	40	320	3	210	115
26	25	320	320	25	110	95
27	48	310	40	3	210	65
28	25	320	320	25	160	125
29	30	240	330	18	95	55
30	8	5	5	8	220	110
31	18	280	280	18	100	60
32	5	330	250	0	140	110
33	45	340	340	38	120	90
34	25	330	330	25	60	40
35	38	340	340	38	120	90
36	16	10	330	18	25	330
37	35	320	240	8	200	130
38	40	330	250	5	275	175
39	22	20	20	22	120	100
40	25	350	270	8	180	140
41	12	320	320	12	110	80
42	12	330	250	5	135	95
43	28	60	60	28	95	50
44	35	10	50	18	130	100
45	50	30	330	38	80	55
46	42	5	100	3	165	100
47	30	90	0	3	150	110
48	10	160	160	10	100	80
49	10	260	190	8	90	55
50	30	330	270	3	95	50

C1	Db	B	DL	BL	L	I
1	50	40	50	40	220	95
2	70	40	150	5	125	110
3	70	30	10	12	100	40
4	330	30	40	20	120	75
5	190	40	120	25	215	110
6	10	35	10	35	140	110
7	330	25	20	12	170	120
8	20	22	90	8	245	100
9	120	25	120	25	110	100
10	350	30	350	30	115	100
11	330	10	240	5	225	100
12	0	30	280	2	180	95
13	20	40	310	10	155	80
14	0	30	0	30	110	75
15	10	25	320	18	250	150
16	40	50	40	50	130	70
17	90	50	90	50	100	75
18	150	5	150	5	110	90
19	60	20	330	2	120	80
20	0	8	170	155	35	10
21	270	35	330	15	140	70
22	50	18	340	10	110	80
23	40	40	330	20	120	70
24	30	15	300	8	95	60
25	220	28	300	8	110	80
26	330	22	290	15	135	110
27	30	30	320	12	130	80
28	90	5	90	5	145	130
29	330	25	330	25	340	175
30	60	25	350	10	110	70
31	30	40	100	0	260	130
32	70	30	330	15	120	65
33	0	22	280	0	75	70
34	40	35	120	30	210	170
35	120	20	190	18	140	100
36	30	10	120	5	190	90
37	30	30	120	5	100	50
38	30	30	0	100	100	65
39	30	45	330	30	150	125
40	40	35	310	12	125	85
41	220	35	200	25	170	90
42	0	0	330	0	120	80
43	60	12	0	5	60	40
44	0	42	60	28	220	90
45	40	15	40	15	110	85
46	90	30	0	28	90	60
47	90	10	20	10	75	70
48	150	12	70	15	100	60
49	0	50	0	50	65	50
50	120	18	30	0	110	85

C2	Db	B	DL	BL	L	I
1	60	20	350	0	130	70
2	70	25	10	28	110	110
3	30	40	310	5	130	65
4	30	15	100	25	165	130
5	60	30	370	10	160	120
6	280	12	280	12	95	95
7	90	50	0	32	85	65
8	20	15	20	15	150	60
9	40	48	310	0	70	45
10	230	32	310	15	255	100
11	0	52	330	10	125	75
12	50	45	310	0	130	80
13	230	8	230	8	120	65
14	50	40	330	5	300	265
15	120	12	120	12	150	135
16	10	40	350	18	135	100
17	0	20	0	20	135	100
18	220	8	300	5	110	90
19	60	20	60	20	85	85
20	220	10	220	10	95	40
21	120	12	120	12	100	45
22	150	15	150	15	125	50
23	330	5	330	5	85	65
24	60	18	10	20	135	115
25	330	20	330	20	160	90
26	50	32	340	15	110	75
27	50	10	50	10	70	45
28	30	15	30	15	120	85
29	130	2	130	2	95	7
30	120	40	210	2	155	40
31	60	20	30	15	75	65
32	260	5	250	0	105	95
33	20	45	70	5	75	35
34	60	28	20	8	95	70
35	190	15	290	2	70	55
36	100	8	40	15	125	100
37	90	10	340	5	110	100
38	0	40	100	8	90	70
39	20	18	20	18	70	55
40	110	18	10	5	75	55
41	210	5	300	0	40	80
42	30	55	300	2	75	55
43	30	20	320	10	125	80
44	350	22	270	8	85	45
45	40	15	330	22	80	50
46	30	15	30	15	75	55
47	60	32	0	18	115	70
48	210	10	210	10	125	70
49	60	25	30	30	110	40
50	250	5	250	5	100	40

C3	Db	B	DL	BL	L	I
1	70	38	150	2	195	160
2	70	20	70	20	90	70
3	70	20	150	15	75	50
4	150	20	60	5	125	75
5	50	30	330	8	80	40
6	20	15	20	15	285	165
7	50	35	50	35	100	100
8	60	20	120	20	100	75
9	110	35	30	15	85	50
10	60	60	150	8	100	80
11	230	5	230	5	145	55
12	90	25	180	8	125	90
13	320	30	320	30	70	70
14	20	40	110	0	50	40
15	100	22	10	8	110	75
16	200	30	120	10	95	55
17	100	35	180	0	95	95
18	90	28	85	25	110	90
19	70	25	70	25	45	40
20	60	5	90	2	115	100
21	160	25	160	25	100	95
22	180	40	100	8	70	45
23	50	60	50	60	65	45
24	60	40	140	0	50	45
25	60	25	40	15	145	110
26	70	38	0	0	70	45
27	40	68	120	5	55	40
28	120	25	30	2	100	95
29	350	25	350	25	125	115
30	100	8	30	10	120	55
31	120	25	120	25	150	125
32	140	30	90	5	115	85
33	120	30	90	30	100	45
34	130	35	130	35	75	50
35	60	15	60	15	60	35
36	150	20	100	0	120	85
37	90	15	90	15	60	95
38	120	15	70	12	125	80
39	60	22	380	0	175	95
40	120	22	30	8	185	110
41	60	28	340	18	250	135
42	120	45	50	10	80	70
43	210	25	100	20	65	40
44	130	45	220	22	55	40
45	60	10	60	10	70	35
46	90	40	180	15	70	65
47	100	35	0	0	160	65
48	150	50	50	0	120	60
49	70	5	150	0	200	65
50	90	15	90	15	60	95

C4	Db	B	DL	BL	L	I
1	20	5	300	2	210	150
2	50	12	20	8	170	170
3	100	10	0	5	110	100
4	280	20	280	20	110	55
5	270	20	190	12	110	90
6	40	28	140	8	125	100
7	130	8	60	2	130	85
8	330	50	330	50	80	80
9	90	25	0	15	175	150
10	90	5	90	5	210	125
11	50	40	120	20	140	115
12	60	75	340	0	170	75
13	60	80	330	0	175	100
14	90	20	170	12	170	100
15	60	20	330	10	150	130
16	140	45	240	2	120	50
17	230	8	230	8	75	50
18	230	8	230	8	75	50
19	270	15	190	10	110	55
20	80	20	170	5	110	80
21	160	15	70	8	230	80
22	90	20	130	15	140	95
23	250	30	250	30	100	40
24	250	38	150	0	170	130
25	340	18	70	2	135	120
26	60	25	60	25	135	80
27	120	10	120	10	110	75
28	80	40	150	5	110	60
29	170	20	80	10	125	100
30	50	30	90	30	140	95
31	110	22	30	2	220	100
32	60	35	0	0	200	100
33	130	5	160	0	110	135
34	60	50	350	8	80	80
35	30	10	30	10	110	60
36	110	22	110	22	120	95
37	210	20	150	2	135	65
38	80	20	30	20	85	100
39	90	25	90	25	90	70
40	60	15	150	5	140	45
41	80	20	80	20	110	110
42	20	8	100	2	210	80
43	60	8	100	2	140	140
44	40	30	120	5	60	80
45	180	22	90	8	130	45
46	50	10	30	20	125	75
47	0	12	310	18	120	100
48	100	40	20	5	100	120
49	50	42	340	8	145	65
50	50	30	90	30	140	95

C5	Db	B	DL	BL	L	I
1	90	10	170	8	100	70
2	120	25	120	25	150	85
3	40	48	40	48	135	135
4	120	12	70	12	85	60
5	30	15	30	15	135	70
6	140	12	140	12	110	60
7	80	25	180	0	700	110
8	70	40	150	5	180	80
9	100	28	30	12	110	75
10	110	28	180	8	60	45
11	60	25	60	25	75	65
12	120	50	60	15	260	170
13	90	15	18	5	160	100
14	100	30	180	5	160	100
15	150	15	90	10	175	50
16	270	10	270	10	370	175
17	140	28	210	8	130	80
18	110	45	110	45	150	115
19	140	40	30	75	150	95
20	80	25	80	25	80	60
21	60	28	90	20	70	55
22	110	30	110	30	120	120
23	100	12	130	15	200	130
24	280	2	300	5	185	80
25	250	30	150	0	90	45
26	110	40	180	10	120	75
27	90	50	160	40	115	65
28	80	25	150	2	135	60
29	160	50	90	20	120	80
30	300	12	300	12	140	110
31	100	10	190	5	125	95
32	110	42	190	10	170	100
33	190	40	300	22	175	135
34	150	22	150	22	110	80
35	150	40	210	28	100	75
36	120	25	50	10	180	120
37	100	10	190	8	115	85
38	130	58	130	58	145	100
39	70	20	70	20	125	100
40	90	18	90	18	300	230
41	180	20	100	20	115	100
42	100	32	150	30	95	55
43	70	22	70	22	110	80
44	30	15	30	15	120	70
45	130	35	210	10	115	55
46	100	30	80	0	80	55
47	60	28	150	15	125	70
48	90	40	90	40	100	55
49	270	0	0	0	160	100
50	90	30	180	0	100	75

C6	Db	B	DL	BL	L	I
1	70	40	0	0	320	125
2	20	12	110	0	85	60
3	100	30	0	0	75	65
4	100	35	100	35	60	40
5	345	25	60	10	100	80
6	190	55	235	42	90	65
7	0	32	0	32	110	80
8	250	22	310	18	100	55
9	70	45	0	8	95	60
10	70	30	350	10	140	90
11	140	0	65	8	185	50
12	90	18	10	2	140	115
13	20	15	20	15	130	95
14	30	25	30	25	120	90
15	330	15	250	18	135	90
16	250	12	250	12	75	75
17	330	45	30	28	75	45
18	150	20	90	20	240	160
19	55	35	145	18	165	140
20	40	40	40	40	80	70
21	280	2	0	0	120	90
22	290	45	15	12	110	85
23	180	22	100	0	120	95
24	285	15	285	15	120	80
25	15	8	325	5	140	95
26	180	30	225	12	95	90
27	55	10	150	0	130	75
28	60	20	60	20	70	50
29	230	32	230	32	60	40
30	220	55	245	55	65	45
31	25	28	25	28	90	80
32	210	55	120	25	110	60
33	190	18	290	5	75	35
34	20	20	20	20	85	65
35	160	8	75	20	175	70
36	60	20	60	20	120	85
37	210	30	90	0	65	55
38	150	10	150	10	90	75
39	90	38	40	15	65	55
40	340	30	270	18	140	100
41	150	15	70	12	85	70
42	0	28	280	25	135	85
43	340	15	5	60	110	45
44	90	38	10	5	75	45
45	340	15	40	10	100	85
46	30	52	110	15	65	40
47	0	30	0	30	100	65
48	230	12	230	12	130	125
49	50	15	90	15	200	110
50	60	12	0	5	120	100

ANEXO II: Datos morfométricos.

BR1 BARRA ACTUAL

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	la	Idi
1	56		42	12	7	14	24	98	250,00	4,08	0,00
2	54		44	14	4	8	28	98	148,15	3,50	0,00
3	63		14	20	7	14	40	77	222,22	1,93	0,00
4	47		33	28	5	10	56	80	212,77	1,43	0,00
5	64		31	18	5	10	36	95	156,25	2,64	0,00
6	60		23	21	5	10	42	83	166,67	1,98	0,00
7	40		35	13	4	8	26	75	200,00	2,88	0,00
8	47		38	16	4	8	32	85	170,21	2,66	0,00
9	52		32	17	5	10	34	84	192,31	2,47	0,00
10	42		27	20	5	10	40	69	238,10	1,73	0,00
11	45		37	10	16	32	20	82	711,11	4,10	0,00
12	41		25	12	4	8	24	66	195,12	2,75	0,00
13	40		25	12	4	8	24	65	200,00	2,71	0,00
14	40		25	24	5	10	48	65	250,00	1,35	0,00
15	37		28	20	10	20	40	65	540,54	1,63	0,00
16	48		22	15	5	10	30	70	208,33	2,33	0,00
17	58		40	12	3	6	24	98	103,45	4,08	0,00
18	39		31	20	8	16	40	70	410,26	1,75	0,00
19	37		32	25	8	16	50	69	432,43	1,38	0,00
20	39		36	10	3	6	20	75	153,85	3,75	0,00
21	34		42	13	5	10	26	76	294,12	2,92	0,00
22	57		47	17	7	14	34	104	245,61	3,06	0,00
23	40		22	12	7	14	24	62	350,00	2,58	0,00
24	38		30	13	8	16	26	68	421,05	2,62	0,00
25	35		28	24	6	12	48	63	342,86	1,31	0,00
26	43		35	11	3	6	22	78	139,53	3,55	0,00
27	60		37	33	6	12	66	97	200,00	1,47	0,00
28	48		24	14	6	12	28	72	250,00	2,57	0,00
29	63		42	27	10	20	54	105	317,46	1,94	0,00
30	60		40	20	14	28	40	100	466,67	2,50	0,00
31	56		39	21	12	24	42	95	428,57	2,26	0,00
32	45		35	14	12	24	28	80	533,33	2,86	0,00
33	44		42	15	9	18	30	86	409,09	2,87	0,00
34	60		46	19	9	18	38	106	300,00	2,79	0,00
35	52		36	22	5	10	44	88	192,31	2,00	0,00
36	53		47	18	9	18	36	100	339,62	2,78	0,00
37	53		35	12	4	8	24	88	150,94	3,67	0,00
38	38		32	18	7	14	36	70	368,42	1,94	0,00
39	40		30	15	6	12	30	70	300,00	2,33	0,00
40	40		27	20	7	14	40	67	350,00	1,68	0,00
41	45		36	16	6	12	32	81	266,67	2,53	0,00
42	38		36	20	6	12	40	74	315,79	1,85	0,00
43	40		34	17	5	10	34	74	250,00	2,18	0,00
44	40		28	20	4	8	40	68	200,00	1,70	0,00
45	40		30	14	8	16	28	70	400,00	2,50	0,00
46	43		31	13	8	16	26	74	372,09	2,85	0,00
47	39		23	20	8	16	40	62	410,26	1,55	0,00
48	56		27	11	6	12	22	83	214,29	3,77	0,00
49	48		21	18	4	8	36	69	166,67	1,92	0,00
50	47		25	18	4	8	36	72	170,21	2,00	0,00

BR2 MORRENA BUESA

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	49		40	28	9	18	56	89	367,35	1,59	0,00
2	68		31	18	4	8	36	99	117,65	2,75	0,00
3	57		25	19	2	4	38	82	70,18	2,16	0,00
4	56		30	19	2	4	38	86	71,43	2,26	0,00
5	48		32	24	4	8	48	80	166,67	1,67	0,00
6	50		34	16	2	4	32	84	80,00	2,63	0,00
7	40		34	23	4	8	46	74	200,00	1,61	0,00
8	40		31	23	4	8	46	71	200,00	1,54	0,00
9	37		34	20	3	6	40	71	162,16	1,78	0,00
10	53		34	32	3	6	64	87	113,21	1,36	0,00
11	55		44	29	4	8	58	99	145,45	1,71	0,00
12	47		32	17	4	8	34	79	170,21	2,32	0,00
13	43		40	23	3	6	46	83	139,53	1,80	0,00
14	47		23	14	1	2	28	70	42,55	2,50	0,00
15	37		36	12	1	2	24	73	54,05	3,04	0,00
16	39		27	14	2	4	28	66	102,56	2,36	0,00
17	39		29	10	3	6	20	68	153,85	3,40	0,00
18	48		33	25	7	14	50	81	291,67	1,62	0,00
19	40		18	16	5	10	32	58	250,00	1,81	0,00
20	40		26	17	3	6	34	66	150,00	1,94	0,00
21	40		32	17	3	6	34	72	150,00	2,12	0,00
22	40		30	24	3	6	48	70	150,00	1,46	0,00
23	64		43	15	2	4	30	107	62,50	3,57	0,00
24	46		35	16	2	4	32	81	86,96	2,53	0,00
25	52		41	12	4	8	24	93	153,85	3,88	0,00
26	47		14	8	4	8	16	61	170,21	3,81	0,00
27	43		34	26	3	6	52	77	139,53	1,48	0,00
28	45		33	22	4	8	44	78	177,78	1,77	0,00
29	40		27	17	4	8	34	67	200,00	1,97	0,00
30	40		20	18	3	6	36	60	150,00	1,67	0,00
31	40		27	14	2	4	28	67	100,00	2,39	0,00
32	35		25	18	3	6	36	60	171,43	1,67	0,00
33	41		30	21	4	8	42	71	195,12	1,69	0,00
34	44		24	20	5	10	40	68	227,27	1,70	0,00
35	54		47	29	4	8	58	101	148,15	1,74	0,00
36	48		41	28	4	8	56	89	166,67	1,59	0,00
37	40		23	18	3	6	36	63	150,00	1,75	0,00
38	40		25	20	2	4	40	65	100,00	1,63	0,00
39	57		19	14	5	10	28	76	175,44	2,71	0,00
40	58		37	35	12	24	70	95	413,79	1,36	0,00
41	43		34	26	3	6	52	77	139,53	1,48	0,00
42	39		34	20	5	10	40	73	256,41	1,83	0,00
43	37		23	18	4	8	36	60	216,22	1,67	0,00
44	40		20	17	3	6	34	60	150,00	1,76	0,00
45	40		20	18	5	10	36	60	250,00	1,67	0,00
46	42		17	13	5	10	26	59	238,10	2,27	0,00
47	42		32	23	4	8	46	74	190,48	1,61	0,00
48	40		24	23	6	12	46	64	300,00	1,39	0,00
49	39		28	20	4	8	40	67	205,13	1,68	0,00
50	40		30	19	3	6	38	70	150,00	1,84	0,00

F1 CONO BORRASTRE 50-60 M.D.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	la	Idi
1	60		48	35	14	28	70	108	466,67	1,54	0,00
2	51		38	32	14	28	64	89	549,02	1,39	0,00
3	50		35	30	5	10	60	85	200,00	1,42	0,00
4	63		49	18	7	14	36	112	222,22	3,11	0,00
5	47		33	24	12	24	48	80	510,64	1,67	0,00
6	42		40	28	12	24	56	82	571,43	1,46	0,00
7	62		25	23	4	8	46	87	129,03	1,89	0,00
8	52		40	13	4	8	26	92	153,85	3,54	0,00
9	51		32	28	4	8	56	83	156,86	1,48	0,00
10	53		38	32	2	4	64	91	75,47	1,42	0,00
11	45		30	18	5	10	36	75	222,22	2,08	0,00
12	62		42	24	12	24	48	104	387,10	2,17	0,00
13	52		35	29	14	28	58	87	538,46	1,50	0,00
14	52		39	20	8	16	40	91	307,69	2,28	0,00
15	40		38	18	4	8	36	78	200,00	2,17	0,00
16	42		27	18	1	2	36	69	47,62	1,92	0,00
17	44		31	13	4	8	26	75	181,82	2,88	0,00
18	53		28	25	10	20	50	81	377,36	1,62	0,00
19	44		28	23	10	20	46	72	454,55	1,57	0,00
20	50		42	24	6	12	48	92	240,00	1,92	0,00
21	42		32	28	7	14	56	74	333,33	1,32	0,00
22	40		32	9	2	4	18	72	100,00	4,00	0,00
23	46		36	12	8	16	24	82	347,83	3,42	0,00
24	50		30	25	6	12	50	80	240,00	1,60	0,00
25	60		25	18	4	8	36	85	133,33	2,36	0,00
26	45		37	28	14	28	56	82	622,22	1,46	0,00
27	40		36	19	5	10	38	76	250,00	2,00	0,00
28	44		32	23	6	12	46	76	272,73	1,65	0,00
29	48		38	21	12	24	42	86	500,00	2,05	0,00
30	44		32	27	5	10	54	76	227,27	1,41	0,00
31	56		37	12	5	10	24	93	178,57	3,88	0,00
32	43		38	24	14	28	48	81	651,16	1,69	0,00
33	53		35	26	10	20	52	88	377,36	1,69	0,00
34	57		41	18	8	16	36	98	280,70	2,72	0,00
35	43		32	15	3	6	30	75	139,53	2,50	0,00
36	53		33	24	9	18	48	86	339,62	1,79	0,00
37	40		35	21	7	14	42	75	350,00	1,79	0,00
38	60		30	20	4	8	40	90	133,33	2,25	0,00
39	40		31	26	3	6	52	71	150,00	1,37	0,00
40	40		34	22	5	10	44	74	250,00	1,68	0,00
41	53		33	23	7	14	46	86	264,15	1,87	0,00
42	43		28	20	5	10	40	71	232,56	1,78	0,00
43	44		27	13	12	24	26	71	545,45	2,73	0,00
44	43		34	23	7	14	46	77	325,58	1,67	0,00
45	34		24	19	3	6	38	58	176,47	1,53	0,00
46	36		30	9	9	18	18	66	500,00	3,67	0,00
47	50		28	16	3	6	32	78	120,00	2,44	0,00
48	44		17	15	3	6	30	61	136,36	2,03	0,00
49	40		30	20	12	24	40	70	600,00	1,75	0,00
50	40		29	17	12	24	34	69	600,00	2,03	0,00

F2 SAN CHUSTE T-35-40 M.D.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	40		40	25	6	12	50	80	300,00	1,60	0,00
2	60		48	18	6	12	36	108	200,00	3,00	0,00
3	56		44	34	5	10	68	100	178,57	1,47	0,00
4	57		50	20	12	24	40	107	421,05	2,68	0,00
5	64		31	25	12	24	50	95	375,00	1,90	0,00
6	52		46	16	14	28	32	98	538,46	3,06	0,00
7	57		43	32	12	24	64	100	421,05	1,56	0,00
8	53		40	22	12	24	44	93	452,83	2,11	0,00
9	64		44	20	5	10	40	108	156,25	2,70	0,00
10	60		33	26	3	6	52	93	100,00	1,79	0,00
11	42		39	15	9	18	30	81	428,57	2,70	0,00
12	58		25	18	5	10	36	83	172,41	2,31	0,00
13	42		32	16	7	14	32	74	333,33	2,31	0,00
14	54		28	16	7	14	32	82	259,26	2,56	0,00
15	55		35	12	7	14	24	90	254,55	3,75	0,00
16	40		35	13	8	16	26	75	400,00	2,88	0,00
17	55		44	22	9	18	44	99	327,27	2,25	0,00
18	40		33	18	11	22	36	73	550,00	2,03	0,00
19	48		32	28	9	18	56	80	375,00	1,43	0,00
20	48		40	23	12	24	46	88	500,00	1,91	0,00
21	40		30	23	5	10	46	70	250,00	1,52	0,00
22	49		35	12	14	28	24	84	571,43	3,50	0,00
23	42		40	30	7	14	60	82	333,33	1,37	0,00
24	48		27	18	8	16	36	75	333,33	2,08	0,00
25	54		40	20	14	28	40	94	518,52	2,35	0,00
26	48		34	16	9	18	32	82	375,00	2,56	0,00
27	47		28	17	4	8	34	75	170,21	2,21	0,00
28	44		35	24	4	8	48	79	181,82	1,65	0,00
29	40		23	14	5	10	28	63	250,00	2,25	0,00
30	42		28	25	5	10	50	70	238,10	1,40	0,00
31	52		49	16	20	40	32	101	769,23	3,16	0,00
32	39		32	18	12	24	36	71	615,38	1,97	0,00
33	40		29	20	9	18	40	69	450,00	1,73	0,00
34	43		32	14	8	16	28	75	372,09	2,68	0,00
35	43		25	18	8	16	36	68	372,09	1,89	0,00
36	55		40	28	12	24	56	95	436,36	1,70	0,00
37	37		26	13	9	18	26	63	486,49	2,42	0,00
38	43		33	13	5	10	26	76	232,56	2,92	0,00
39	40		20	12	6	12	24	60	300,00	2,50	0,00
40	45		15	12	3	6	24	60	133,33	2,50	0,00
41	40		22	10	4	8	20	62	200,00	3,10	0,00
42	40		22	14	3	6	28	62	150,00	2,21	0,00
43	35		25	15	4	8	30	60	228,57	2,00	0,00
44	40		25	12	4	8	24	65	200,00	2,71	0,00
45	40		26	14	7	14	28	66	350,00	2,36	0,00
46	40		28	12	7	14	24	68	350,00	2,83	0,00
47	40		20	13	6	12	26	60	300,00	2,31	0,00
48	45		20	13	5	10	26	65	222,22	2,50	0,00
49	40		20	13	4	8	26	60	200,00	2,31	0,00
50	40		22	12	4	8	24	62	200,00	2,58	0,00

F3 BARRA ACTUAL

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	68		31	22	6	12	44	99	176,47	2,25	0,00
2	50		45	22	10	20	44	95	400,00	2,16	0,00
3	40		33	15	9	18	30	73	450,00	2,43	0,00
4	47		49	28	14	28	56	96	595,74	1,71	0,00
5	46		30	20	5	10	40	76	217,39	1,90	0,00
6	47		30	12	4	8	24	77	170,21	3,21	0,00
7	48		32	12	5	10	24	80	208,33	3,33	0,00
8	40		32	13	5	10	26	72	250,00	2,77	0,00
9	51		40	13	6	12	26	91	235,29	3,50	0,00
10	41		29	11	7	14	22	70	341,46	3,18	0,00
11	51		35	10	9	18	20	86	352,94	4,30	0,00
12	54		37	22	8	16	44	91	296,30	2,07	0,00
13	45		40	25	8	16	50	85	355,56	1,70	0,00
14	49		24	13	6	12	26	73	244,90	2,81	0,00
15	44		36	23	6	12	46	80	272,73	1,74	0,00
16	49		35	20	5	10	40	84	204,08	2,10	0,00
17	52		38	17	9	18	34	90	346,15	2,65	0,00
18	41		34	11	10	20	22	75	487,80	3,41	0,00
19	40		31	13	7	14	26	71	350,00	2,73	0,00
20	60		39	16	7	14	32	99	233,33	3,09	0,00
21	55		37	13	5	10	26	92	181,82	3,54	0,00
22	57		34	16	8	16	32	91	280,70	2,84	0,00
23	48		44	21	10	20	42	92	416,67	2,19	0,00
24	50		44	23	12	24	46	94	480,00	2,04	0,00
25	56		30	25	7	14	50	86	250,00	1,72	0,00
26	60		35	22	11	22	44	95	366,67	2,16	0,00
27	47		44	29	6	12	58	91	255,32	1,57	0,00
28	63		30	21	7	14	42	93	222,22	2,21	0,00
29	64		39	12	5	10	24	103	156,25	4,29	0,00
30	46		27	16	5	10	32	73	217,39	2,28	0,00
31	40		32	17	4	8	34	72	200,00	2,12	0,00
32	62		37	16	9	18	32	99	290,32	3,09	0,00
33	56		32	14	7	14	28	88	250,00	3,14	0,00
34	49		32	18	6	12	36	81	244,90	2,25	0,00
35	40		37	15	4	8	30	77	200,00	2,57	0,00
36	48		34	14	3	6	28	82	125,00	2,93	0,00
37	48		33	10	9	18	20	81	375,00	4,05	0,00
38	55		28	20	11	22	40	83	400,00	2,08	0,00
39	40		30	13	5	10	26	70	250,00	2,69	0,00
40	60		30	15	8	16	30	90	266,67	3,00	0,00
41	42		29	13	9	18	26	71	428,57	2,73	0,00
42	44		27	18	8	16	36	71	363,64	1,97	0,00
43	53		21	17	5	10	34	74	188,68	2,18	0,00
44	40		26	9	4	8	18	66	200,00	3,67	0,00
45	40		21	13	6	12	26	61	300,00	2,35	0,00
46	40		30	10	5	10	20	70	250,00	3,50	0,00
47	42		21	11	4	8	22	63	190,48	2,86	0,00
48	40		20	17	2	4	34	60	100,00	1,76	0,00
49	40		30	14	7	14	28	70	350,00	2,50	0,00
50	40		26	13	9	18	26	66	450,00	2,54	0,00

F 4 T4-8M COLUVION

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	62		39	20	14	28	40	101	451,61	2,53	0,00
2	64		60	10	7	14	20	124	218,75	6,20	0,00
3	56		49	20	12	24	40	105	428,57	2,63	0,00
4	60		60	12	10	20	24	120	333,33	5,00	0,00
5	60		39	16	7	14	32	99	233,33	3,09	0,00
6	60		35	18	7	14	36	95	233,33	2,64	0,00
7	59		37	20	7	14	40	96	237,29	2,40	0,00
8	57		37	19	6	12	38	94	210,53	2,47	0,00
9	44		40	28	9	18	56	84	409,09	1,50	0,00
10	57		44	23	5	10	46	101	175,44	2,20	0,00
11	57		38	12	11	22	24	95	385,96	3,96	0,00
12	57		44	26	10	20	52	101	350,88	1,94	0,00
13	49		44	21	4	8	42	93	163,27	2,21	0,00
14	44		30	27	9	18	54	74	409,09	1,37	0,00
15	60		41	26	7	14	52	101	233,33	1,94	0,00
16	40		37	17	6	12	34	77	300,00	2,26	0,00
17	47		30	26	7	14	52	77	297,87	1,48	0,00
18	61		37	17	8	16	34	98	262,30	2,88	0,00
19	53		40	27	6	12	54	93	226,42	1,72	0,00
20	48		37	28	12	24	56	85	500,00	1,52	0,00
21	59		49	33	14	28	66	108	474,58	1,64	0,00
22	40		30	21	4	8	42	70	200,00	1,67	0,00
23	64		25	17	5	10	34	89	156,25	2,62	0,00
24	45		35	26	4	8	52	80	177,78	1,54	0,00
25	40		28	24	4	8	48	68	200,00	1,42	0,00
26	41		30	28	12	24	56	71	585,37	1,27	0,00
27	56		29	26	5	10	52	85	178,57	1,63	0,00
28	49		26	14	4	8	28	75	163,27	2,68	0,00
29	40		30	16	9	18	32	70	450,00	2,19	0,00
30	37		25	17	5	10	34	62	270,27	1,82	0,00
31	40		25	20	4	8	40	65	200,00	1,63	0,00
32	40		24	9	3	6	18	64	150,00	3,56	0,00
33	43		30	21	7	14	42	73	325,58	1,74	0,00
34	44		21	19	4	8	38	65	181,82	1,71	0,00
35	40		24	14	4	8	28	64	200,00	2,29	0,00
36	40		27	17	5	10	34	67	250,00	1,97	0,00
37	40		27	19	4	8	38	67	200,00	1,76	0,00
38	40		31	14	4	8	28	71	200,00	2,54	0,00
39	40		30	19	4	8	38	70	200,00	1,84	0,00
40	40		31	25	5	10	50	71	250,00	1,42	0,00
41	44		32	14	3	6	28	76	136,36	2,71	0,00
42	40		25	19	5	10	38	65	250,00	1,71	0,00
43	40		24	10	7	14	20	64	350,00	3,20	0,00
44	41		21	14	4	8	28	62	195,12	2,21	0,00
45	40		24	12	4	8	24	64	200,00	2,67	0,00
46	39		22	19	4	8	38	61	205,13	1,61	0,00
47	41		22	11	3	6	22	63	146,34	2,86	0,00
48	39		21	19	3	6	38	60	153,85	1,58	0,00
49	38		16	14	3	6	28	54	157,89	1,93	0,00
50	38		24	10	2	4	20	62	105,26	3,10	0,00

F5 COLUVION 15-18 M.D.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	la	Idi
1	63		47	12	2	4	24	110	63,49	4,58	0,00
2	63		44	14	12	24	28	107	380,95	3,82	0,00
3	53		38	10	1	2	20	91	37,74	4,55	0,00
4	63		51	7	7	14	14	114	222,22	8,14	0,00
5	54		45	8	1	2	16	99	37,04	6,19	0,00
6	48		40	11	1	2	22	88	41,67	4,00	0,00
7	64		40	8	2	4	16	104	62,50	6,50	0,00
8	54		42	12	1	2	24	96	37,04	4,00	0,00
9	53		31	15	6	12	30	84	226,42	2,80	0,00
10	60		38	10	1	2	20	98	33,33	4,90	0,00
11	60		37	18	2	4	36	97	66,67	2,69	0,00
12	53		30	10	2	4	20	83	75,47	4,15	0,00
13	65		47	8	4	8	16	112	123,08	7,00	0,00
14	62		43	15	5	10	30	105	161,29	3,50	0,00
15	65		30	15	6	12	30	95	184,62	3,17	0,00
16	54		48	13	6	12	26	102	222,22	3,92	0,00
17	62		38	14	2	4	28	100	64,52	3,57	0,00
18	53		24	11	2	4	22	77	75,47	3,50	0,00
19	40		32	17	3	6	34	72	150,00	2,12	0,00
20	65		51	8	2	4	16	116	61,54	7,25	0,00
21	64		22	23	3	6	46	86	93,75	1,87	0,00
22	53		38	24	4	8	48	91	150,94	1,90	0,00
23	64		35	11	4	8	22	99	125,00	4,50	0,00
24	57		44	8	3	6	16	101	105,26	6,31	0,00
25	67		55	13	7	14	26	122	208,96	4,69	0,00
26	60		50	11	4	8	22	110	133,33	5,00	0,00
27	60		44	8	2	4	16	104	66,67	6,50	0,00
28	46		32	13	5	10	26	78	217,39	3,00	0,00
29	64		41	12	3	6	24	105	93,75	4,38	0,00
30	47		40	10	7	14	20	87	297,87	4,35	0,00
31	51		35	11	4	8	22	86	156,86	3,91	0,00
32	35		27	25	3	6	50	62	171,43	1,24	0,00
33	47		37	12	2	4	24	84	85,11	3,50	0,00
34	48		25	8	2	4	16	73	83,33	4,56	0,00
35	48		34	12	2	4	24	82	83,33	3,42	0,00
36	42		27	9	2	4	18	69	95,24	3,83	0,00
37	40		28	18	3	6	36	68	150,00	1,89	0,00
38	49		44	8	6	12	16	93	244,90	5,81	0,00
39	40		28	7	4	8	14	68	200,00	4,86	0,00
40	39		36	7	4	8	14	75	205,13	5,36	0,00
41	47		25	6	1	2	12	72	42,55	6,00	0,00
42	47		26	10	3	6	20	73	127,66	3,65	0,00
43	43		33	7	2	4	14	76	93,02	5,43	0,00
44	40		30	8	2	4	16	70	100,00	4,38	0,00
45	44		40	13	2	4	26	84	90,91	3,23	0,00
46	40		28	11	2	4	22	68	100,00	3,09	0,00
47	43		20	7	2	4	14	63	93,02	4,50	0,00
48	42		25	6	2	4	12	67	95,24	5,58	0,00
49	40		24	8	2	4	16	64	100,00	4,00	0,00
50	39		26	8	3	6	16	65	153,85	4,06	0,00

P1 LIGUERRE BARRA ACTUAL

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	48		39	29	10	20	58	87	416,67	1,50	0,00
2	65		40	11	5	10	22	105	153,85	4,77	0,00
3	47		30	11	9	18	22	77	382,98	3,50	0,00
4	53		34	9	6	12	18	87	226,42	4,83	0,00
5	60		24	19	6	12	38	84	200,00	2,21	0,00
6	57		37	25	12	24	50	94	421,05	1,88	0,00
7	48		44	19	4	8	38	92	166,67	2,42	0,00
8	45		34	22	7	14	44	79	311,11	1,80	0,00
9	42		30	18	9	18	36	72	428,57	2,00	0,00
10	46		32	13	10	20	26	78	434,78	3,00	0,00
11	40		28	21	7	14	42	68	350,00	1,62	0,00
12	41		30	26	12	24	52	71	585,37	1,37	0,00
13	45		28	26	7	14	52	73	311,11	1,40	0,00
14	39		32	13	8	16	26	71	410,26	2,73	0,00
15	43		27	14	5	10	28	70	232,56	2,50	0,00
16	45		37	16	5	10	32	82	222,22	2,56	0,00
17	36		28	17	5	10	34	64	277,78	1,88	0,00
18	47		36	19	9	18	38	83	382,98	2,18	0,00
19	42		31	15	3	6	30	73	142,86	2,43	0,00
20	38		29	10	5	10	20	67	263,16	3,35	0,00
21	56		35	18	7	14	36	91	250,00	2,53	0,00
22	40		21	14	4	8	28	61	200,00	2,18	0,00
23	35		25	17	6	12	34	60	342,86	1,76	0,00
24	30		19	10	5	10	20	49	333,33	2,45	0,00
25	41		23	16	5	10	32	64	243,90	2,00	0,00
26	40		22	16	3	6	32	62	150,00	1,94	0,00
27	36		33	28	6	12	56	69	333,33	1,23	0,00
28	58		39	12	4	8	24	97	137,93	4,04	0,00
29	60		30	20	5	10	40	90	166,67	2,25	0,00
30	45		35	18	12	24	36	80	533,33	2,22	0,00
31	49		31	28	6	12	56	80	244,90	1,43	0,00
32	50		28	15	4	8	30	78	160,00	2,60	0,00
33	43		38	11	6	12	22	81	279,07	3,68	0,00
34	45		25	11	2	4	22	70	88,89	3,18	0,00
35	60		33	11	12	24	22	93	400,00	4,23	0,00
36	52		31	23	12	24	46	83	461,54	1,80	0,00
37	40		33	22	7	14	44	73	350,00	1,66	0,00
38	41		34	19	5	10	38	75	243,90	1,97	0,00
39	38		25	16	5	10	32	63	263,16	1,97	0,00
40	45		29	18	4	8	36	74	177,78	2,06	0,00
41	45		28	21	8	16	42	73	355,56	1,74	0,00
42	47		34	20	8	16	40	81	340,43	2,03	0,00
43	39		30	13	4	8	26	69	205,13	2,65	0,00
44	46		20	14	4	8	28	66	173,91	2,36	0,00
45	45		31	12	10	20	24	76	444,44	3,17	0,00
46	36		28	20	6	12	40	64	333,33	1,60	0,00
47	35		32	14	9	18	28	67	514,29	2,39	0,00
48	35		25	8	8	16	16	60	457,14	3,75	0,00
49	35		25	24	10	20	48	60	571,43	1,25	0,00
50	43		26	14	10	20	28	69	465,12	2,46	0,00

P2 LLANURA DE INUNDACION

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	53		31	21	6	12	42	84	226,42	2,00	0,00
2	60		35	31	8	16	62	95	266,67	1,53	0,00
3	60		42	29	5	10	58	102	166,67	1,76	0,00
4	45		26	14	7	14	28	71	311,11	2,54	0,00
5	60		32	26	6	12	52	92	200,00	1,77	0,00
6	48		40	13	6	12	26	88	250,00	3,38	0,00
7	60		41	14	8	16	28	101	266,67	3,61	0,00
8	45		32	15	4	8	30	77	177,78	2,57	0,00
9	49		44	24	12	24	48	93	489,80	1,94	0,00
10	58		30	29	4	8	58	88	137,93	1,52	0,00
11	40		31	24	8	16	48	71	400,00	1,48	0,00
12	49		39	14	12	24	28	88	489,80	3,14	0,00
13	46		31	14	4	8	28	77	173,91	2,75	0,00
14	55		34	16	7	14	32	89	254,55	2,78	0,00
15	55		36	25	10	20	50	91	363,64	1,82	0,00
16	49		43	11	7	14	22	92	285,71	4,18	0,00
17	46		42	13	7	14	26	88	304,35	3,38	0,00
18	46		44	12	9	18	24	90	391,30	3,75	0,00
19	39		40	17	5	10	34	79	256,41	2,32	0,00
20	40		34	23	7	14	46	74	350,00	1,61	0,00
21	41		32	15	5	10	30	73	243,90	2,43	0,00
22	56		31	15	4	8	30	87	142,86	2,90	0,00
23	42		40	13	9	18	26	82	428,57	3,15	0,00
24	44		29	11	10	20	22	73	454,55	3,32	0,00
25	42		39	10	5	10	20	81	238,10	4,05	0,00
26	55		29	17	5	10	34	84	181,82	2,47	0,00
27	40		32	20	12	24	40	72	600,00	1,80	0,00
28	50		40	16	4	8	32	90	160,00	2,81	0,00
29	37		30	16	4	8	32	67	216,22	2,09	0,00
30	47		24	8	6	12	16	71	255,32	4,44	0,00
31	39		35	18	8	16	36	74	410,26	2,06	0,00
32	43		34	13	8	16	26	77	372,09	2,96	0,00
33	44		27	10	6	12	20	71	272,73	3,55	0,00
34	41		31	18	10	20	36	72	487,80	2,00	0,00
35	41		32	14	3	6	28	73	146,34	2,61	0,00
36	35		32	11	4	8	22	67	228,57	3,05	0,00
37	34		23	20	7	14	40	57	411,76	1,43	0,00
38	37		28	14	10	20	28	65	540,54	2,32	0,00
39	40		31	10	8	16	20	71	400,00	3,55	0,00
40	40		20	18	7	14	36	60	350,00	1,67	0,00
41	40		25	15	4	8	30	65	200,00	2,17	0,00
42	41		22	14	4	8	28	63	195,12	2,25	0,00
43	43		36	16	6	12	32	79	279,07	2,47	0,00
44	34		24	16	6	12	32	58	352,94	1,81	0,00
45	40		32	15	12	24	30	72	600,00	2,40	0,00
46	40		32	17	12	24	34	72	600,00	2,12	0,00
47	40		28	16	6	12	32	68	300,00	2,13	0,00
48	40		29	15	4	8	30	69	200,00	2,30	0,00
49	39		33	17	6	12	34	72	307,69	2,12	0,00
50	40		24	16	6	12	32	64	300,00	2,00	0,00

P3 CONO ESPUÑA M.IZDA

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	60		30	23	5	10	46	90	166,67	1,96	0,00
2	45		36	21	6	12	42	81	266,67	1,93	0,00
3	54		40	12	4	8	24	94	148,15	3,92	0,00
4	60		45	16	7	14	32	105	233,33	3,28	0,00
5	60		28	23	5	10	46	88	166,67	1,91	0,00
6	57		37	16	12	24	32	94	421,05	2,91	0,00
7	48		35	28	5	10	56	83	208,33	1,48	0,00
8	58		33	18	2	4	36	91	68,97	2,53	0,00
9	47		36	13	5	10	26	83	212,77	3,19	0,00
10	56		38	22	6	12	44	94	214,29	2,14	0,00
11	60		35	9	1	2	18	95	33,33	5,28	0,00
12	49		34	22	6	12	44	83	244,90	1,89	0,00
13	60		34	20	3	6	40	94	100,00	2,35	0,00
14	50		35	11	7	14	22	85	280,00	3,86	0,00
15	52		39	12	2	4	24	91	76,92	3,79	0,00
16	43		30	23	3	6	46	73	139,53	1,59	0,00
17	57		21	21	5	10	42	78	175,44	1,86	0,00
18	60		35	33	5	10	66	95	166,67	1,44	0,00
19	60		45	15	7	14	30	105	233,33	3,50	0,00
20	62		48	17	8	16	34	110	258,06	3,24	0,00
21	52		45	22	4	8	44	97	153,85	2,20	0,00
22	47		25	14	3	6	28	72	127,66	2,57	0,00
23	50		32	18	4	8	36	82	160,00	2,28	0,00
24	60		45	14	12	24	28	105	400,00	3,75	0,00
25	55		32	23	12	24	46	87	436,36	1,89	0,00
26	60		27	20	5	10	40	87	166,67	2,18	0,00
27	42		30	24	10	20	48	72	476,19	1,50	0,00
28	54		36	26	10	20	52	90	370,37	1,73	0,00
29	47		31	16	7	14	32	78	297,87	2,44	0,00
30	60		20	15	3	6	30	80	100,00	2,67	0,00
31	40		32	12	8	16	24	72	400,00	3,00	0,00
32	45		17	12	4	8	24	62	177,78	2,58	0,00
33	47		26	12	5	10	24	73	212,77	3,04	0,00
34	40		31	15	9	18	30	71	450,00	2,37	0,00
35	40		27	12	8	16	24	67	400,00	2,79	0,00
36	51		37	13	2	4	26	88	78,43	3,38	0,00
37	40		32	17	3	6	34	72	150,00	2,12	0,00
38	38		19	14	4	8	28	57	210,53	2,04	0,00
39	50		35	12	3	6	24	85	120,00	3,54	0,00
40	47		39	7	4	8	14	86	170,21	6,14	0,00
41	45		24	20	4	8	40	69	177,78	1,73	0,00
42	40		32	12	4	8	24	72	200,00	3,00	0,00
43	39		27	12	5	10	24	66	256,41	2,75	0,00
44	34		25	17	4	8	34	59	235,29	1,74	0,00
45	42		40	15	8	16	30	82	380,95	2,73	0,00
46	41		34	28	2	4	56	75	97,56	1,34	0,00
47	40		24	13	5	10	26	64	250,00	2,46	0,00
48	40		18	10	4	8	20	58	200,00	2,90	0,00
49	40		24	10	3	6	20	64	150,00	3,20	0,00
50	40		20	12	3	6	24	60	150,00	2,50	0,00

P4 GLACIS CONO 84 M. M.IZQDA.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	63		60	18	7	14	36	123	222,22	3,42	0,00
2	60		43	23	4	8	46	103	133,33	2,24	0,00
3	60		38	14	4	8	28	98	133,33	3,50	0,00
4	59		52	17	8	16	34	111	271,19	3,26	0,00
5	60		53	18	12	24	36	113	400,00	3,14	0,00
6	50		34	16	7	14	32	84	280,00	2,63	0,00
7	65		40	27	8	16	54	105	246,15	1,94	0,00
8	55		44	13	3	6	26	99	109,09	3,81	0,00
9	56		50	17	5	10	34	106	178,57	3,12	0,00
10	53		37	11	12	24	22	90	452,83	4,09	0,00
11	43		35	14	3	6	28	78	139,53	2,79	0,00
12	60		24	18	7	14	36	84	233,33	2,33	0,00
13	60		33	12	4	8	24	93	133,33	3,88	0,00
14	64		47	13	4	8	26	111	125,00	4,27	0,00
15	47		24	14	5	10	28	71	212,77	2,54	0,00
16	60		43	25	7	14	50	103	233,33	2,06	0,00
17	62		42	14	5	10	28	104	161,29	3,71	0,00
18	48		37	14	3	6	28	85	125,00	3,04	0,00
19	44		29	14	3	6	28	73	136,36	2,61	0,00
20	56		35	21	9	18	42	91	321,43	2,17	0,00
21	45		35	25	7	14	50	80	311,11	1,60	0,00
22	62		41	20	6	12	40	103	193,55	2,58	0,00
23	55		49	17	8	16	34	104	290,91	3,06	0,00
24	60		41	16	12	24	32	101	400,00	3,16	0,00
25	60		48	26	10	20	52	108	333,33	2,08	0,00
26	60		45	15	7	14	30	105	233,33	3,50	0,00
27	56		47	11	7	14	22	103	250,00	4,68	0,00
28	60		26	15	3	6	30	86	100,00	2,87	0,00
29	57		40	20	5	10	40	97	175,44	2,43	0,00
30	58		45	23	10	20	46	103	344,83	2,24	0,00
31	57		33	18	4	8	36	90	140,35	2,50	0,00
32	61		35	22	9	18	44	96	295,08	2,18	0,00
33	46		36	26	9	18	52	82	391,30	1,58	0,00
34	57		36	15	6	12	30	93	210,53	3,10	0,00
35	50		28	15	5	10	30	78	200,00	2,60	0,00
36	55		40	10	4	8	20	95	145,45	4,75	0,00
37	51		29	18	7	14	36	80	274,51	2,22	0,00
38	58		27	19	5	10	38	85	172,41	2,24	0,00
39	40		30	20	5	10	40	70	250,00	1,75	0,00
40	51		32	11	3	6	22	83	117,65	3,77	0,00
41	50		38	17	3	6	34	88	120,00	2,59	0,00
42	40		34	12	4	8	24	74	200,00	3,08	0,00
43	40		24	17	4	8	34	64	200,00	1,88	0,00
44	41		30	14	7	14	28	71	341,46	2,54	0,00
45	40		22	16	2	4	32	62	100,00	1,94	0,00
46	40		33	14	2	4	28	73	100,00	2,61	0,00
47	40		30	14	5	10	28	70	250,00	2,50	0,00
48	40		25	14	3	6	28	65	150,00	2,32	0,00
49	40		27	19	5	10	38	67	250,00	1,76	0,00
50	40		28	14	6	12	28	68	300,00	2,43	0,00

P-5 T/55-60 M.D.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	60		42	22	14	28	44	102	466,67	2,32	0,00
2	60		39	25	5	10	50	99	166,67	1,98	0,00
3	54		42	22	9	18	44	96	333,33	2,18	0,00
4	60		36	22	3	6	44	96	100,00	2,18	0,00
5	57		52	32	6	12	64	109	210,53	1,70	0,00
6	63		43	27	9	18	54	106	285,71	1,96	0,00
7	40		30	21	4	8	42	70	200,00	1,67	0,00
8	43		18	9	4	8	18	61	186,05	3,39	0,00
9	47		40	23	9	18	46	87	382,98	1,89	0,00
10	50		34	21	8	16	42	84	320,00	2,00	0,00
11	49		39	19	9	18	38	88	367,35	2,32	0,00
12	44		25	23	4	8	46	69	181,82	1,50	0,00
13	35		34	23	5	10	46	69	285,71	1,50	0,00
14	60		47	21	3	6	42	107	100,00	2,55	0,00
15	48		39	25	9	18	50	87	375,00	1,74	0,00
16	58		42	27	6	12	54	100	206,90	1,85	0,00
17	60		28	24	4	8	48	88	133,33	1,83	0,00
18	45		38	27	9	18	54	83	400,00	1,54	0,00
19	46		27	18	3	6	36	73	130,43	2,03	0,00
20	47		27	15	3	6	30	74	127,66	2,47	0,00
21	48		34	22	8	16	44	82	333,33	1,86	0,00
22	39		39	22	7	14	44	78	358,97	1,77	0,00
23	52		40	26	1	2	52	92	38,46	1,77	0,00
24	63		30	26	3	6	52	93	95,24	1,79	0,00
25	42		37	28	5	10	56	79	238,10	1,41	0,00
26	52		27	20	2	4	40	79	76,92	1,98	0,00
27	40		32	25	5	10	50	72	250,00	1,44	0,00
28	37		25	15	7	14	30	62	378,38	2,07	0,00
29	52		37	22	12	24	44	89	461,54	2,02	0,00
30	34		31	24	8	16	48	65	470,59	1,35	0,00
31	42		34	20	10	20	40	76	476,19	1,90	0,00
32	50		42	20	6	12	40	92	240,00	2,30	0,00
33	63		25	21	2	4	42	88	63,49	2,10	0,00
34	62		37	23	14	28	46	99	451,61	2,15	0,00
35	40		30	11	7	14	22	70	350,00	3,18	0,00
36	41		31	12	7	14	24	72	341,46	3,00	0,00
37	41		21	20	5	10	40	62	243,90	1,55	0,00
38	52		32	18	7	14	36	84	269,23	2,33	0,00
39	40		28	18	4	8	36	68	200,00	1,89	0,00
40	58		40	26	7	14	52	98	241,38	1,88	0,00
41	40		27	20	4	8	40	67	200,00	1,68	0,00
42	64		37	26	7	14	52	101	218,75	1,94	0,00
43	45		34	26	6	12	52	79	266,67	1,52	0,00
44	43		24	23	3	6	46	67	139,53	1,46	0,00
45	40		24	15	4	8	30	64	200,00	2,13	0,00
46	40		25	15	5	10	30	65	250,00	2,17	0,00
47	40		25	15	2	4	30	65	100,00	2,17	0,00
48	39		17	15	4	8	30	56	205,13	1,87	0,00
49	37		22	15	3	6	30	59	162,16	1,97	0,00
50	38		27	13	2	4	26	65	105,26	2,50	0,00

P6 T-8-10 M.DCHA.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	60		50	42	4	8	84	110	133,33	1,31	0,00
2	52		31	24	9	18	48	83	346,15	1,73	0,00
3	42		44	32	5	10	64	86	238,10	1,34	0,00
4	63		56	23	24	48	46	119	761,90	2,59	0,00
5	45		33	23	6	12	46	78	266,67	1,70	0,00
6	49		38	38	7	14	76	87	285,71	1,14	0,00
7	38		35	33	4	8	66	73	210,53	1,11	0,00
8	45		39	35	5	10	70	84	222,22	1,20	0,00
9	42		28	24	9	18	48	70	428,57	1,46	0,00
10	39		27	24	8	16	48	66	410,26	1,38	0,00
11	42		27	13	7	14	26	69	333,33	2,65	0,00
12	62		45	30	14	28	60	107	451,61	1,78	0,00
13	51		46	12	6	12	24	97	235,29	4,04	0,00
14	34		34	20	4	8	40	68	235,29	1,70	0,00
15	50		37	20	12	24	40	87	480,00	2,18	0,00
16	46		44	19	5	10	38	90	217,39	2,37	0,00
17	43		24	15	3	6	30	67	139,53	2,23	0,00
18	49		37	31	5	10	62	86	204,08	1,39	0,00
19	53		30	14	4	8	28	83	150,94	2,96	0,00
20	60		32	13	3	6	26	92	100,00	3,54	0,00
21	48		41	25	12	24	50	89	500,00	1,78	0,00
22	64		33	27	12	24	54	97	375,00	1,80	0,00
23	52		38	30	4	8	60	90	153,85	1,50	0,00
24	38		35	34	6	12	68	73	315,79	1,07	0,00
25	43		40	18	8	16	36	83	372,09	2,31	0,00
26	38		32	12	3	6	24	70	157,89	2,92	0,00
27	37		29	12	4	8	24	66	216,22	2,75	0,00
28	47		33	27	2	4	54	80	85,11	1,48	0,00
29	50		42	19	12	24	38	92	480,00	2,42	0,00
30	54		43	16	10	20	32	97	370,37	3,03	0,00
31	40		30	15	6	12	30	70	300,00	2,33	0,00
32	47		29	28	8	16	56	76	340,43	1,36	0,00
33	34		32	16	2	4	32	66	117,65	2,06	0,00
34	60		43	18	7	14	36	103	233,33	2,86	0,00
35	60		27	25	6	12	50	87	200,00	1,74	0,00
36	60		21	16	6	12	32	81	200,00	2,53	0,00
37	45		25	17	4	8	34	70	177,78	2,06	0,00
38	44		37	25	9	18	50	81	409,09	1,62	0,00
39	46		30	25	12	24	50	76	521,74	1,52	0,00
40	49		30	25	12	24	50	79	489,80	1,58	0,00
41	44		30	21	8	16	42	74	363,64	1,76	0,00
42	37		37	30	10	20	60	74	540,54	1,23	0,00
43	39		23	22	8	16	44	62	410,26	1,41	0,00
44	40		30	15	1	2	30	70	50,00	2,33	0,00
45	40		32	20	3	6	40	72	150,00	1,80	0,00
46	40		30	23	4	8	46	70	200,00	1,52	0,00
47	40		20	12	4	8	24	60	200,00	2,50	0,00
48	40		23	13	5	10	26	63	250,00	2,42	0,00
49	40		20	14	4	8	28	60	200,00	2,14	0,00
50	40		30	22	6	12	44	70	300,00	1,59	0,00

P7 T/8-10 M.IZQDA.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	55		42	31	10	20	62	97	363,64	1,56	0,00
2	39		33	27	4	8	54	72	205,13	1,33	0,00
3	53		30	13	7	14	26	83	264,15	3,19	0,00
4	60		30	28	8	16	56	90	266,67	1,61	0,00
5	47		35	17	6	12	34	82	255,32	2,41	0,00
6	60		36	19	2	4	38	96	66,67	2,53	0,00
7	43		33	19	5	10	38	76	232,56	2,00	0,00
8	50		38	30	9	18	60	88	360,00	1,47	0,00
9	52		40	18	4	8	36	92	153,85	2,56	0,00
10	35		30	24	5	10	48	65	285,71	1,35	0,00
11	50		31	14	4	8	28	81	160,00	2,89	0,00
12	42		32	22	5	10	44	74	238,10	1,68	0,00
13	45		18	16	3	6	32	63	133,33	1,97	0,00
14	42		30	26	2	4	52	72	95,24	1,38	0,00
15	55		44	12	4	8	24	99	145,45	4,13	0,00
16	39		30	24	8	16	48	69	410,26	1,44	0,00
17	46		36	15	3	6	30	82	130,43	2,73	0,00
18	40		22	16	8	16	32	62	400,00	1,94	0,00
19	47		32	19	6	12	38	79	255,32	2,08	0,00
20	40		25	22	4	8	44	65	200,00	1,48	0,00
21	40		25	12	6	12	24	65	300,00	2,71	0,00
22	60		40	16	12	24	32	100	400,00	3,13	0,00
23	54		37	15	5	10	30	91	185,19	3,03	0,00
24	53		23	21	4	8	42	76	150,94	1,81	0,00
25	50		31	23	8	16	46	81	320,00	1,76	0,00
26	36		28	10	9	18	20	64	500,00	3,20	0,00
27	43		22	18	3	6	36	65	139,53	1,81	0,00
28	34		28	15	3	6	30	62	176,47	2,07	0,00
29	40		17	11	4	8	22	57	200,00	2,59	0,00
30	45		41	14	4	8	28	86	177,78	3,07	0,00
31	60		32	32	6	12	64	92	200,00	1,44	0,00
32	50		38	16	9	18	32	88	360,00	2,75	0,00
33	48		41	17	6	12	34	89	250,00	2,62	0,00
34	48		35	20	8	16	40	83	333,33	2,08	0,00
35	48		46	17	4	8	34	94	166,67	2,76	0,00
36	40		30	27	12	24	54	70	600,00	1,30	0,00
37	45		29	12	2	4	24	74	88,89	3,08	0,00
38	43		28	28	9	18	56	71	418,60	1,27	0,00
39	48		35	20	4	8	40	83	166,67	2,08	0,00
40	40		28	15	5	10	30	68	250,00	2,27	0,00
41	38		37	23	6	12	46	75	315,79	1,63	0,00
42	40		35	16	4	8	32	75	200,00	2,34	0,00
43	40		19	15	2	4	30	59	100,00	1,97	0,00
44	40		28	18	2	4	36	68	100,00	1,89	0,00
45	40		30	20	3	6	40	70	150,00	1,75	0,00
46	40		25	13	7	14	26	65	350,00	2,50	0,00
47	40		25	14	8	16	28	65	400,00	2,32	0,00
48	39		25	20	8	16	40	64	410,26	1,60	0,00
49	40		25	10	6	12	20	65	300,00	3,25	0,00
50	40		20	12	4	8	24	60	200,00	2,50	0,00

P8 CONO VERDE M.D.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	la	Idi
1	48		37	19	9	18	38	85	375,00	2,24	0,00
2	56		42	14	9	18	28	98	321,43	3,50	0,00
3	55		27	24	7	14	48	82	254,55	1,71	0,00
4	59		37	26	13	26	52	96	440,68	1,85	0,00
5	55		37	20	4	8	40	92	145,45	2,30	0,00
6	55		39	25	12	24	50	94	436,36	1,88	0,00
7	50		43	22	4	8	44	93	160,00	2,11	0,00
8	37		37	35	5	10	70	74	270,27	1,06	0,00
9	54		40	36	3	6	72	94	111,11	1,31	0,00
10	37		37	17	8	16	34	74	432,43	2,18	0,00
11	54		39	20	7	14	40	93	259,26	2,33	0,00
12	51		32	22	14	28	44	83	549,02	1,89	0,00
13	50		34	33	6	12	66	84	240,00	1,27	0,00
14	46		34	32	10	20	64	80	434,78	1,25	0,00
15	40		27	22	6	12	44	67	300,00	1,52	0,00
16	51		44	39	3	6	78	95	117,65	1,22	0,00
17	45		40	26	15	30	52	85	666,67	1,63	0,00
18	62		42	30	12	24	60	104	387,10	1,73	0,00
19	47		42	22	4	8	44	89	170,21	2,02	0,00
20	51		36	21	7	14	42	87	274,51	2,07	0,00
21	63		40	31	4	8	62	103	126,98	1,66	0,00
22	44		24	13	7	14	26	68	318,18	2,62	0,00
23	36		36	23	5	10	46	72	277,78	1,57	0,00
24	42		36	21	8	16	42	78	380,95	1,86	0,00
25	53		30	23	5	10	46	83	188,68	1,80	0,00
26	49		39	35	12	24	70	88	489,80	1,26	0,00
27	57		32	16	9	18	32	89	315,79	2,78	0,00
28	56		41	13	3	6	26	97	107,14	3,73	0,00
29	42		28	16	4	8	32	70	190,48	2,19	0,00
30	61		38	21	6	12	42	99	196,72	2,36	0,00
31	39		30	21	2	4	42	69	102,56	1,64	0,00
32	42		33	21	6	12	42	75	285,71	1,79	0,00
33	53		27	18	6	12	36	80	226,42	2,22	0,00
34	45		32	22	9	18	44	77	400,00	1,75	0,00
35	39		30	20	12	24	40	69	615,38	1,73	0,00
36	39		36	25	4	8	50	75	205,13	1,50	0,00
37	44		25	16	7	14	32	69	318,18	2,16	0,00
38	57		28	16	12	24	32	85	421,05	2,66	0,00
39	63		32	19	5	10	38	95	158,73	2,50	0,00
40	44		38	18	8	16	36	82	363,64	2,28	0,00
41	41		27	16	7	14	32	68	341,46	2,13	0,00
42	44		24	11	6	12	22	68	272,73	3,09	0,00
43	45		35	22	14	28	44	80	622,22	1,82	0,00
44	42		41	30	12	24	60	83	571,43	1,38	0,00
45	48		26	17	2	4	34	74	83,33	2,18	0,00
46	36		34	17	10	20	34	70	555,56	2,06	0,00
47	50		25	12	6	12	24	75	240,00	3,13	0,00
48	39		32	17	12	24	34	71	615,38	2,09	0,00
49	44		22	12	4	8	24	66	181,82	2,75	0,00
50	40		29	17	4	8	34	69	200,00	2,03	0,00

P10 CONO 55-60M.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	la	Idi
1	44		30	24	6	12	48	74	272,73	1,54	0,00
2	61		32	19	9	18	38	93	295,08	2,45	
3	56		26	22	3	6	44	82	107,14	1,86	
4	42		40	14	7	14	28	82	333,33	2,93	
5	54		46	13	11	22	26	100	407,41	3,85	
6	46		30	18	7	14	36	76	304,35	2,11	
7	54		38	28	12	24	56	92	444,44	1,64	
8	64		47	15	14	28	30	111	437,50	3,70	
9	58		35	28	7	14	56	93	241,38	1,66	
10	55		43	19	6	12	38	98	218,18	2,58	
11	55		45	32	7	14	64	100	254,55	1,56	
12	61		34	19	8	16	38	95	262,30	2,50	
13	39		38	20	5	10	40	77	256,41	1,93	
14	47		24	15	6	12	30	71	255,32	2,37	
15	43		27	15	5	10	30	70	232,56	2,33	
16	52		28	20	6	12	40	80	230,77	2,00	
17	40		27	12	6	12	24	67	300,00	2,79	
18	52		39	14	9	18	28	91	346,15	3,25	
19	47		24	13	5	10	26	71	212,77	2,73	
20	54		26	21	7	14	42	80	259,26	1,90	
21	50		32	17	6	12	34	82	240,00	2,41	
22	60		43	23	9	18	46	103	300,00	2,24	
23	40		25	23	4	8	46	65	200,00	1,41	
24	54		38	16	8	16	32	92	296,30	2,88	
25	39		17	17	4	8	34	56	205,13	1,65	
26	39		25	13	6	12	26	64	307,69	2,46	
27	39		26	19	9	18	38	65	461,54	1,71	
28	50		36	27	7	14	54	86	280,00	1,59	
29	55		34	16	5	10	32	89	181,82	2,78	
30	39		31	12	5	10	24	70	256,41	2,92	
31	55		47	30	10	20	60	102	363,64	1,70	
32	60		25	20	8	16	40	85	266,67	2,13	
33	59		54	33	8	16	66	113	271,19	1,71	
34	40		26	21	5	10	42	66	250,00	1,57	
35	47		26	13	9	18	26	73	382,98	2,81	
36	56		40	14	14	28	28	96	500,00	3,43	
37	48		34	22	14	28	44	82	583,33	1,86	
38	44		37	33	12	24	66	81	545,45	1,23	
39	53		32	10	8	16	20	85	301,89	4,25	
40	58		47	12	14	28	24	105	482,76	4,38	
41	45		27	15	9	18	30	72	400,00	2,40	
42	53		28	13	7	14	26	81	264,15	3,12	
43	40		32	19	4	8	38	72	200,00	1,89	
44	43		29	19	10	20	38	72	465,12	1,89	
45	40		23	15	4	8	30	63	200,00	2,10	
46	40		30	13	4	8	26	70	200,00	2,69	
47	40		23	15	5	10	30	63	250,00	2,10	
48	40		30	13	14	28	26	70	700,00	2,69	
49	40		21	13	6	12	26	61	300,00	2,35	
50	40		25	16	5	10	32	65	250,00	2,03	

J1 T-45 M.IZQDA

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	48	35	41	36	10	20	72	89	416,67	1,24	729,17
2	36	31	28	27	6	12	54	64	333,33	1,19	861,11
3	58	46	36	24	8	16	48	94	275,86	1,96	793,10
4	65	51	50	28	16	32	56	115	492,31	2,05	784,62
5	55	44	39	27	9	18	54	94	327,27	1,74	800,00
6	57	46	35	22	10	20	44	92	350,88	2,09	807,02
7	75	51	33	27	5	10	54	108	133,33	2,00	680,00
8	57	34	32	22	5	10	44	89	175,44	2,02	596,49
9	65	55	42	32	6	12	64	107	184,62	1,67	846,15
10	46	25	39	21	6	12	42	85	260,87	2,02	543,48
11	43	35	34	24	12	24	48	77	558,14	1,60	813,95
12	56	47	44	35	14	28	70	100	500,00	1,43	839,29
13	44	31	23	13	8	16	26	67	363,64	2,58	704,55
14	40	28	25	15	4	8	30	65	200,00	2,17	700,00
15	42	30	32	22	10	20	44	74	476,19	1,68	714,29
16	43	28	39	11	7	14	22	82	325,58	3,73	651,16
17	55	36	50	23	12	24	46	105	436,36	2,28	654,55
18	50	42	35	14	7	14	28	85	280,00	3,04	840,00
19	35	25	30	22	9	18	44	65	514,29	1,48	714,29
20	35	29	31	17	5	10	34	66	285,71	1,94	828,57
21	53	38	40	30	7	14	60	93	264,15	1,55	716,98
22	43	35	32	27	8	16	54	75	372,09	1,39	813,95
23	36	28	24	23	5	10	46	60	277,78	1,30	777,78
24	40	30	35	20	10	20	40	75	500,00	1,88	750,00
25	37	27	33	15	12	24	30	70	648,65	2,33	729,73
26	36	33	23	15	3	6	30	59	166,67	1,97	916,67
27	38	30	32	22	7	14	44	70	368,42	1,59	789,47
28	35	28	30	17	8	16	34	65	457,14	1,91	800,00
29	50	36	35	17	8	16	34	85	320,00	2,50	720,00
30	34	26	32	15	4	8	30	66	235,29	2,20	764,71
31	43	33	25	14	5	10	28	68	232,56	2,43	767,44
32	44	35	28	24	3	6	48	72	136,36	1,50	795,45
33	41	28	30	17	8	16	34	71	390,24	2,09	682,93
34	60	40	37	14	12	24	28	97	400,00	3,46	666,67
35	52	33	43	17	8	16	34	95	307,69	2,79	634,62
36	52	35	40	14	5	10	28	92	192,31	3,29	673,08
37	55	38	48	12	11	22	24	103	400,00	4,29	690,91
38	47	32	41	15	7	14	30	88	297,87	2,93	680,85
39	70	48	38	11	3	6	22	108	85,71	4,91	685,71
40	70	52	37	25	9	18	50	107	257,14	2,14	742,86
41	58	42	40	31	11	22	62	98	379,31	1,58	724,14
42	51	30	45	20	12	24	40	96	470,59	2,40	588,24
43	60	43	40	20	10	20	40	100	333,33	2,50	716,67
44	60	43	35	17	5	10	34	95	166,67	2,79	716,67
45	75	48	40	22	9	18	44	115	240,00	2,61	640,00
46	45	37	40	22	7	14	44	85	311,11	1,93	822,22
47	70	55	49	24	8	16	48	119	228,57	2,48	785,71
48	75	55	35	23	7	14	46	110	186,67	2,39	733,33
49	60	55	50	23	10	20	46	110	333,33	2,39	916,67
50	68	40	60	20	15	30	40	128	441,18	3,20	588,24

J4 T-55-60 M.IZQDA

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	50	30	44	28	12	24	56	94	480,00	1,68	600,00
2	69	55	52	20	14	28	40	121	405,80	3,03	797,10
3	58	38	44	25	6	12	50	102	206,90	2,04	655,17
4	56	45	28	22	7	14	44	84	250,00	1,91	803,57
5	61	42	42	12	4	8	24	103	131,15	4,29	688,52
6	56	32	34	20	5	10	40	90	178,57	2,25	571,43
7	55	30	50	13	8	16	26	105	290,91	4,04	545,45
8	58	38	38	30	9	18	60	96	310,34	1,60	655,17
9	45	24	40	19	4	8	38	85	177,78	2,24	533,33
10	75	45	54	22	12	24	44	129	320,00	2,93	600,00
11	45	25	32	15	8	16	30	77	355,56	2,57	555,56
12	40	25	33	21	7	14	42	73	350,00	1,74	625,00
13	56	30	38	11	12	24	22	94	428,57	4,27	535,71
14	62	36	40	22	6	12	44	102	193,55	2,32	580,65
15	67	45	52	21	14	28	42	119	417,91	2,83	671,64
16	55	30	41	21	7	14	42	96	254,55	2,29	545,45
17	36	18	30	16	12	24	32	66	666,67	2,06	500,00
18	43	26	26	15	6	12	30	69	279,07	2,30	604,65
19	50	30	25	14	12	24	28	75	480,00	2,68	600,00
20	56	35	38	16	6	12	32	94	214,29	2,94	625,00
21	58	30	31	17	8	16	34	89	275,86	2,62	517,24
22	65	35	40	12	7	14	24	105	215,38	4,38	538,46
23	55	30	48	13	14	28	26	103	509,09	3,96	545,45
24	48	24	25	18	8	16	36	73	333,33	2,03	500,00
25	45	25	44	20	8	16	40	89	355,56	2,23	555,56
26	38	25	25	20	7	14	40	63	368,42	1,58	657,89
27	40	28	25	10	6	12	20	65	300,00	3,25	700,00
28	45	25	40	30	8	16	60	85	355,56	1,42	555,56
29	48	24	35	20	12	24	40	83	500,00	2,08	500,00
30	55	37	55	25	5	10	50	110	181,82	2,20	672,73
31	37	25	20	17	5	10	34	57	270,27	1,68	675,68
32	45	22	32	25	12	24	50	77	533,33	1,54	488,89
33	42	40	35	22	8	16	44	77	380,95	1,75	952,38
34	58	41	39	24	8	16	48	97	275,86	2,02	706,90
35	42	35	30	28	4	8	56	72	190,48	1,29	833,33
36	45	40	35	30	5	10	60	80	222,22	1,33	888,89
37	61	44	52	14	17	34	28	113	557,38	4,04	721,31
38	49	36	50	32	7	14	64	99	285,71	1,55	734,69
39	59	46	38	18	5	10	36	97	169,49	2,69	779,66
40	58	45	34	26	7	14	52	92	241,38	1,77	775,86
41	51	35	32	19	5	10	38	83	196,08	2,18	686,27
42	40	32	29	19	9	18	38	69	450,00	1,82	800,00
43	60	51	51	21	14	28	42	111	466,67	2,64	850,00
44	46	39	46	15	10	20	30	92	434,78	3,07	847,83
45	56	45	32	21	9	18	42	88	321,43	2,10	803,57
46	58	49	38	18	10	20	36	96	344,83	2,67	844,83
47	52	45	30	26	6	12	52	82	230,77	1,58	865,38
48	49	42	40	22	8	16	44	89	326,53	2,02	857,14
49	49	37	42	12	10	20	24	91	408,16	3,79	755,10
50	42	32	30	24	6	12	48	72	285,71	1,50	761,90

J-5 BARRA ACTUAL JANOVAS

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	55		44	14	2	4	28	99	72,73	3,54	0,00
2	60		51	18	9	18	36	111	300,00	3,08	0,00
3	60		34	18	7	14	36	94	233,33	2,61	0,00
4	43		38	17	12	24	34	81	558,14	2,38	0,00
5	59		44	11	3	6	22	103	101,69	4,68	0,00
6	54		30	30	3	6	60	84	111,11	1,40	0,00
7	55		33	28	4	8	56	88	145,45	1,57	0,00
8	48		37	26	4	8	52	85	166,67	1,63	0,00
9	60		33	18	10	20	36	93	333,33	2,58	0,00
10	61		33	13	12	24	26	94	393,44	3,62	0,00
11	47		38	15	6	12	30	85	255,32	2,83	0,00
12	54		35	29	5	10	58	89	185,19	1,53	0,00
13	51		26	21	3	6	42	77	117,65	1,83	0,00
14	57		33	21	6	12	42	90	210,53	2,14	0,00
15	40		33	20	5	10	40	73	250,00	1,83	0,00
16	53		43	17	8	16	34	96	301,89	2,82	0,00
17	50		40	18	10	20	36	90	400,00	2,50	0,00
18	60		52	16	9	18	32	112	300,00	3,50	0,00
19	49		30	17	10	20	34	79	408,16	2,32	0,00
20	45		38	14	7	14	28	83	311,11	2,96	0,00
21	54		34	20	6	12	40	88	222,22	2,20	0,00
22	45		32	17	4	8	34	77	177,78	2,26	0,00
23	64		35	27	6	12	54	99	187,50	1,83	0,00
24	39		34	26	10	20	52	73	512,82	1,40	0,00
25	54		39	18	10	20	36	93	370,37	2,58	0,00
26	48		43	12	4	8	24	91	166,67	3,79	0,00
27	61		49	12	3	6	24	110	98,36	4,58	0,00
28	40		31	13	5	10	26	71	250,00	2,73	0,00
29	40		25	18	9	18	36	65	450,00	1,81	0,00
30	43		33	15	4	8	30	76	186,05	2,53	0,00
31	52		26	25	3	6	50	78	115,38	1,56	0,00
32	42		23	18	3	6	36	65	142,86	1,81	0,00
33	40		25	22	4	8	44	65	200,00	1,48	0,00
34	48		35	22	6	12	44	83	250,00	1,89	0,00
35	40		30	12	3	6	24	70	150,00	2,92	0,00
36	55		27	14	3	6	28	82	109,09	2,93	0,00
37	40		28	17	1	2	34	68	50,00	2,00	0,00
38	47		34	12	7	14	24	81	297,87	3,38	0,00
39	49		35	17	9	18	34	84	367,35	2,47	0,00
40	46		25	19	4	8	38	71	173,91	1,87	0,00
41	40		30	18	5	10	36	70	250,00	1,94	0,00
42	40		20	16	3	6	32	60	150,00	1,88	0,00
43	43		28	17	5	10	34	71	232,56	2,09	0,00
44	40		25	14	2	4	28	65	100,00	2,32	0,00
45	39		29	23	4	8	46	68	205,13	1,48	0,00
46	40		30	22	4	8	44	70	200,00	1,59	0,00
47	40		20	15	5	10	30	60	250,00	2,00	0,00
48	40		28	14	4	8	28	68	200,00	2,43	0,00
49	40		19	17	3	6	34	59	150,00	1,74	0,00
50	40		19	13	2	4	26	59	100,00	2,27	0,00

J7 LLANURA DE INUNDACION

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	la	Idi
1	60		38	30	10	20	60	98	333,33	1,63	0,00
2	55		33	27	6	12	54	88	218,18	1,63	0,00
3	53		41	32	12	24	64	94	452,83	1,47	0,00
4	54		36	12	10	20	24	90	370,37	3,75	0,00
5	54		35	30	8	16	60	89	296,30	1,48	0,00
6	47		32	12	6	12	24	79	255,32	3,29	0,00
7	40		25	20	4	8	40	65	200,00	1,63	0,00
8	55		31	31	5	10	62	86	181,82	1,39	0,00
9	56		34	24	12	24	48	90	428,57	1,88	0,00
10	60		34	22	3	6	44	94	100,00	2,14	0,00
11	42		27	23	5	10	46	69	238,10	1,50	0,00
12	53		47	18	2	4	36	100	75,47	2,78	0,00
13	50		28	17	4	8	34	78	160,00	2,29	0,00
14	43		34	19	6	12	38	77	279,07	2,03	0,00
15	54		42	12	8	16	24	96	296,30	4,00	0,00
16	62		37	27	7	14	54	99	225,81	1,83	0,00
17	46		37	19	3	6	38	83	130,43	2,18	0,00
18	52		30	22	3	6	44	82	115,38	1,86	0,00
19	42		30	16	8	16	32	72	380,95	2,25	0,00
20	42		40	13	3	6	26	82	142,86	3,15	0,00
21	41		32	20	4	8	40	73	195,12	1,83	0,00
22	51		34	21	5	10	42	85	196,08	2,02	0,00
23	60		30	23	12	24	46	90	400,00	1,96	0,00
24	57		31	19	10	20	38	88	350,88	2,32	0,00
25	60		35	29	9	18	58	95	300,00	1,64	0,00
26	40		30	12	6	12	24	70	300,00	2,92	0,00
27	45		44	25	4	8	50	89	177,78	1,78	0,00
28	55		30	25	4	8	50	85	145,45	1,70	0,00
29	42		32	13	2	4	26	74	95,24	2,85	0,00
30	43		35	26	10	20	52	78	465,12	1,50	0,00
31	50		35	31	2	4	62	85	80,00	1,37	0,00
32	57		39	23	10	20	46	96	350,88	2,09	0,00
33	49		38	14	10	20	28	87	408,16	3,11	0,00
34	50		27	26	7	14	52	77	280,00	1,48	0,00
35	55		40	19	5	10	38	95	181,82	2,50	0,00
36	40		33	15	4	8	30	73	200,00	2,43	0,00
37	46		37	23	4	8	46	83	173,91	1,80	0,00
38	59		29	14	4	8	28	88	135,59	3,14	0,00
39	55		27	14	6	12	28	82	218,18	2,93	0,00
40	40		32	21	3	6	42	72	150,00	1,71	0,00
41	50		35	20	5	10	40	85	200,00	2,13	0,00
42	46		34	19	4	8	38	80	173,91	2,11	0,00
43	52		37	16	5	10	32	89	192,31	2,78	0,00
44	44		34	26	5	10	52	78	227,27	1,50	0,00
45	47		32	18	3	6	36	79	127,66	2,19	0,00
46	53		27	10	3	6	20	80	113,21	4,00	0,00
47	45		35	17	4	8	34	80	177,78	2,35	0,00
48	47		29	10	7	14	20	76	297,87	3,80	0,00
49	40		26	23	3	6	46	66	150,00	1,43	0,00
50	40		36	15	3	6	30	76	150,00	2,53	0,00

B1 TERRAZA 65-72m. M.I.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	la	Idi
1	72	37	37	37	12	24	74	109	333,33	1,47	513,89
2	50	30	35	27	8	16	54	85	320,00	1,57	600,00
3	44	25	35	29	6	12	58	79	272,73	1,36	568,18
4	57	30	56	24	17	34	48	113	596,49	2,35	526,32
5	65	35	45	37	7	14	74	110	215,38	1,49	538,46
6	60	42	46	22	8	16	44	106	266,67	2,41	700,00
7	65	35	58	24	10	20	48	123	307,69	2,56	538,46
8	78	45	40	28	8	16	56	118	205,13	2,11	576,92
9	45	28	32	28	7	14	56	77	311,11	1,38	622,22
10	69	40	56	27	10	20	54	125	289,86	2,31	579,71
11	79	55	52	30	12	24	60	131	303,80	2,18	696,20
12	75	40	52	25	6	12	50	127	160,00	2,54	533,33
13	70	40	52	49	8	16	98	122	228,57	1,24	571,43
14	62	35	38	32	8	16	64	100	258,06	1,56	564,52
15	53	33	50	25	7	14	50	103	264,15	2,06	622,64
16	65	40	34	34	5	10	68	99	153,85	1,46	615,38
17	45	25	40	39	12	24	78	85	533,33	1,09	555,56
18	45	25	30	26	4	8	52	75	177,78	1,44	555,56
19	52	30	45	16	6	12	32	97	230,77	3,03	576,92
20	44	25	32	25	8	16	50	76	363,64	1,52	568,18
21	52	30	25	20	8	16	40	77	307,69	1,93	576,92
22	45	25	35	20	8	16	40	80	355,56	2,00	555,56
23	52	30	40	20	7	14	40	92	269,23	2,30	576,92
24	58	40	32	21	8	16	42	90	275,86	2,14	689,66
25	60	38	44	15	9	18	30	104	300,00	3,47	633,33
26	45	25	30	15	9	18	30	75	400,00	2,50	555,56
27	78	40	30	23	7	14	46	108	179,49	2,35	512,82
28	37	20	29	21	8	16	42	66	432,43	1,57	540,54
29	50	30	40	20	12	24	40	90	480,00	2,25	600,00
30	60	35	40	30	4	8	60	100	133,33	1,67	583,33
31	40	22	38	15	12	24	30	78	600,00	2,60	550,00
32	58	35	38	31	7	14	62	96	241,38	1,55	603,45
33	48	45	35	11	7	14	22	83	291,67	3,77	937,50
34	75	45	52	25	14	28	50	127	373,33	2,54	600,00
35	65	48	40	25	8	16	50	105	246,15	2,10	738,46
36	48	27	32	25	7	14	50	80	291,67	1,60	562,50
37	65	48	32	28	8	16	56	97	246,15	1,73	738,46
38	45	32	22	20	7	14	40	67	311,11	1,68	711,11
39	35	20	32	24	10	20	48	67	571,43	1,40	571,43
40	50	30	38	22	8	16	44	88	320,00	2,00	600,00
41	40	20	30	17	4	8	34	70	200,00	2,06	500,00
42	42	30	33	22	6	12	44	75	285,71	1,70	714,29
43	42	26	35	20	5	10	40	77	238,10	1,93	619,05
44	46	33	22	22	5	10	44	68	217,39	1,55	717,39
45	33	25	27	18	3	6	36	60	181,82	1,67	757,58
46	40	30	26	12	6	12	24	66	300,00	2,75	750,00
47	32	25	23	15	5	10	30	55	312,50	1,83	781,25
48	45	32	23	17	3	6	34	68	133,33	2,00	711,11
49	36	29	25	17	5	10	34	61	277,78	1,79	805,56
50	46	32	25	15	5	10	30	71	217,39	2,37	695,65

Nº	L	AC	BOLTAÑA BARRA ACTUAL						B-2		
			I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	65		35	16	12	24	32	100	369,23	3,13	0,00
2	61		38	23	14	28	46	99	459,02	2,15	0,00
3	47		27	18	10	20	36	74	425,53	2,06	0,00
4	57		31	25	9	18	50	88	315,79	1,76	0,00
5	55		34	15	10	20	30	89	363,64	2,97	0,00
6	55		44	18	19	38	36	99	690,91	2,75	0,00
7	62		44	18	7	14	36	106	225,81	2,94	0,00
8	49		41	15	9	18	30	90	367,35	3,00	0,00
9	43		41	25	12	24	50	84	558,14	1,68	0,00
10	53		43	24	10	20	48	96	377,36	2,00	0,00
11	52		38	28	14	28	56	90	538,46	1,61	0,00
12	42		24	20	7	14	40	66	333,33	1,65	0,00
13	46		31	15	6	12	30	77	260,87	2,57	0,00
14	48		38	24	12	24	48	86	500,00	1,79	0,00
15	43		27	20	9	18	40	70	418,60	1,75	0,00
16	37		30	18	8	16	36	67	432,43	1,86	0,00
17	48		42	12	8	16	24	90	333,33	3,75	0,00
18	49		38	17	9	18	34	87	367,35	2,56	0,00
19	45		35	13	9	18	26	80	400,00	3,08	0,00
20	42		29	15	8	16	30	71	380,95	2,37	0,00
21	51		40	15	7	14	30	91	274,51	3,03	0,00
22	43		35	12	7	14	24	78	325,58	3,25	0,00
23	58		47	22	14	28	44	105	482,76	2,39	0,00
24	55		37	13	5	10	26	92	181,82	3,54	0,00
25	45		40	30	15	30	60	85	666,67	1,42	0,00
26	45		33	13	3	6	26	78	133,33	3,00	0,00
27	41		30	22	10	20	44	71	487,80	1,61	0,00
28	41		33	24	9	18	48	74	439,02	1,54	0,00
29	35		32	19	9	18	38	67	514,29	1,76	0,00
30	48		32	13	7	14	26	80	291,67	3,08	0,00
31	60		38	20	11	22	40	98	366,67	2,45	0,00
32	40		38	29	7	14	58	78	350,00	1,34	0,00
33	35		25	21	6	12	42	60	342,86	1,43	0,00
34	50		27	9	7	14	18	77	280,00	4,28	0,00
35	49		44	26	9	18	52	93	367,35	1,79	0,00
36	40		33	18	5	10	36	73	250,00	2,03	0,00
37	38		27	20	8	16	40	65	421,05	1,63	0,00
38	38		28	15	8	16	30	66	421,05	2,20	0,00
39	39		17	13	7	14	26	56	358,97	2,15	0,00
40	44		41	19	8	16	38	85	363,64	2,24	0,00
41	54		36	24	16	32	48	90	592,59	1,88	0,00
42	40		24	14	7	14	28	64	350,00	2,29	0,00
43	55		39	32	11	22	64	94	400,00	1,47	0,00
44	40		30	20	7	14	40	70	350,00	1,75	0,00
45	48		30	20	3	6	40	78	125,00	1,95	0,00
46	40		32	13	5	10	26	72	250,00	2,77	0,00
47	47		45	24	7	14	48	92	297,87	1,92	0,00
48	48		32	25	6	12	50	80	250,00	1,60	0,00
49	40		30	21	10	20	42	70	500,00	1,67	0,00
50	45		46	16	9	18	32	91	400,00	2,84	0,00

B5 TERRAZA +55-60 M (M.D.) BOLTAÑA

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	48		41	29	10	20	58	89	416,67	1,53	0,00
2	53		30	27	4	8	54	83	150,94	1,54	0,00
3	54		34	32	12	24	64	88	444,44	1,38	0,00
4	53		48	30	16	32	60	101	603,77	1,68	0,00
5	40		31	24	9	18	48	71	450,00	1,48	0,00
6	45		33	23	8	16	46	78	355,56	1,70	0,00
7	44		34	28	4	8	56	78	181,82	1,39	0,00
8	56		43	23	16	32	46	99	571,43	2,15	0,00
9	59		43	19	10	20	38	102	338,98	2,68	0,00
10	48		33	18	5	10	36	81	208,33	2,25	0,00
11	52		26	16	9	18	32	78	346,15	2,44	0,00
12	52		28	16	8	16	32	80	307,69	2,50	0,00
13	46		34	18	10	20	36	80	434,78	2,22	0,00
14	60		34	19	9	18	38	94	300,00	2,47	0,00
15	59		37	22	12	24	44	96	406,78	2,18	0,00
16	47		32	23	3	6	46	79	127,66	1,72	0,00
17	44		32	12	7	14	24	76	318,18	3,17	0,00
18	62		42	26	14	28	52	104	451,61	2,00	0,00
19	49		41	16	4	8	32	90	163,27	2,81	0,00
20	54		41	13	4	8	26	95	148,15	3,65	0,00
21	65		35	18	12	24	36	100	369,23	2,78	0,00
22	53		31	21	12	24	42	84	452,83	2,00	0,00
23	51		30	15	7	14	30	81	274,51	2,70	0,00
24	63		36	23	10	20	46	99	317,46	2,15	0,00
25	40		40	19	14	28	38	80	700,00	2,11	0,00
26	67		32	25	5	10	50	99	149,25	1,98	0,00
27	40		31	21	5	10	42	71	250,00	1,69	0,00
28	40		38	25	10	20	50	78	500,00	1,56	0,00
29	46		30	21	7	14	42	76	304,35	1,81	0,00
30	46		32	21	10	20	42	78	434,78	1,86	0,00
31	55		35	14	8	16	28	90	290,91	3,21	0,00
32	40		31	17	7	14	34	71	350,00	2,09	0,00
33	40		29	21	10	20	42	69	500,00	1,64	0,00
34	44		34	11	9	18	22	78	409,09	3,55	0,00
35	49		30	16	6	12	32	79	244,90	2,47	0,00
36	44		30	22	5	10	44	74	227,27	1,68	0,00
37	55		42	23	12	24	46	97	436,36	2,11	0,00
38	41		30	14	7	14	28	71	341,46	2,54	0,00
39	37		31	20	9	18	40	68	486,49	1,70	0,00
40	30		27	12	5	10	24	57	333,33	2,38	0,00
41	32		21	19	5	10	38	53	312,50	1,39	0,00
42	40		30	11	7	14	22	70	350,00	3,18	0,00
43	47		29	24	6	12	48	76	255,32	1,58	0,00
44	43		33	12	6	12	24	76	279,07	3,17	0,00
45	40		32	20	8	16	40	72	400,00	1,80	0,00
46	38		25	18	7	14	36	63	368,42	1,75	0,00
47	40		23	15	8	16	30	63	400,00	2,10	0,00
48	40		27	16	5	10	32	67	250,00	2,09	0,00
49	41		24	18	5	10	36	65	243,90	1,81	0,00
50	40		25	14	9	18	28	65	450,00	2,32	0,00

B6 TERRAZA +8-10 M (M.D.)

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	50	43	31	28	7	14	56	81	280,00	1,45	860,00
2	55	55	35	21	11	22	42	90	400,00	2,14	1000,00
3	58	40	34	29	6	12	58	92	206,90	1,59	689,66
4	45	32	21	17	8	16	34	66	355,56	1,94	711,11
5	54	38	28	23	5	10	46	82	185,19	1,78	703,70
6	30	30	30	22	7	14	44	60	466,67	1,36	1000,00
7	37	37	31	25	10	20	50	68	540,54	1,36	1000,00
8	46	36	29	17	9	18	34	75	391,30	2,21	782,61
9	60	42	45	19	9	18	38	105	300,00	2,76	700,00
10	48	48	38	26	3	6	52	86	125,00	1,65	1000,00
11	52	44	44	33	5	10	66	96	192,31	1,45	846,15
12	32	29	30	18	7	14	36	62	437,50	1,72	906,25
13	32	25	29	27	7	14	54	61	437,50	1,13	781,25
14	51	51	18	16	5	10	32	69	196,08	2,16	1000,00
15	52	40	40	12	7	14	24	92	269,23	3,83	769,23
16	45	40	20	25	4	8	50	65	177,78	1,30	888,89
17	55	54	52	21	9	18	42	107	327,27	2,55	981,82
18	63	32	48	33	5	10	66	111	158,73	1,68	507,94
19	42	30	29	21	6	12	42	71	285,71	1,69	714,29
20	37	27	26	18	5	10	36	63	270,27	1,75	729,73
21	31	22	26	9	3	6	18	57	193,55	3,17	709,68
22	65	42	30	15	4	8	30	95	123,08	3,17	646,15
23	55	35	42	20	4	8	40	97	145,45	2,43	636,36
24	59	44	34	13	3	6	26	93	101,69	3,58	745,76
25	50	50	37	17	14	28	34	87	560,00	2,56	1000,00
26	60	35	26	21	7	14	42	86	233,33	2,05	583,33
27	33	31	21	14	6	12	28	54	363,64	1,93	939,39
28	33	25	27	23	4	8	46	60	242,42	1,30	757,58
29	39	39	27	14	6	12	28	66	307,69	2,36	1000,00
30	41	26	35	23	7	14	46	76	341,46	1,65	634,15
31	48	34	30	24	7	14	48	78	291,67	1,63	708,33
32	48	29	36	21	9	18	42	84	375,00	2,00	604,17
33	32	25	20	18	3	6	36	52	187,50	1,44	781,25
34	30	23	27	16	6	12	32	57	400,00	1,78	766,67
35	47	31	42	13	3	6	26	89	127,66	3,42	659,57
36	40	30	26	13	4	8	26	66	200,00	2,54	750,00
37	42	34	35	16	9	18	32	77	428,57	2,41	809,52
38	56	56	28	16	6	12	32	84	214,29	2,63	1000,00
39	45	35	34	26	5	10	52	79	222,22	1,52	777,78
40	43	43	35	22	10	20	44	78	465,12	1,77	1000,00
41	65	45	35	20	3	6	40	100	92,31	2,50	692,31
42	38	26	31	31	5	10	62	69	263,16	1,11	684,21
43	45	30	28	15	6	12	30	73	266,67	2,43	666,67
44	64	38	42	16	9	18	32	106	281,25	3,31	593,75
45	65	50	36	15	8	16	30	101	246,15	3,37	769,23
46	55	55	40	22	12	24	44	95	436,36	2,16	1000,00
47	57	43	41	26	7	14	52	98	245,61	1,88	754,39
48	65	65	41	20	3	6	40	106	92,31	2,65	1000,00
49	65	50	40	28	8	16	56	105	246,15	1,88	769,23
50	65	65	35	27	14	28	54	100	430,77	1,85	1000,00

GLACIS BOLTAÑA B-7

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	70	40	45	18	14	28	36	115	400,00	3,19	571,43
2	50	35	35	23	4	8	46	85	160,00	1,85	700,00
3	80	45	40	14	4	8	28	120	100,00	4,29	562,50
4	65	40	64	23	3	6	46	129	92,31	2,80	615,38
5	44	26	34	18	4	8	36	78	181,82	2,17	590,91
6	45	30	30	24	5	10	48	75	222,22	1,56	666,67
7	50	30	45	20	8	16	40	95	320,00	2,38	600,00
8	50	30	29	16	5	10	32	79	200,00	2,47	600,00
9	65	48	45	27	10	20	54	110	307,69	2,04	738,46
10	35	32	50	22	6	12	44	85	342,86	1,93	914,29
11	50	30	49	10	3	6	20	99	120,00	4,95	600,00
12	60	43	54	11	2	4	22	114	66,67	5,18	716,67
13	50	32	35	20	4	8	40	85	160,00	2,13	640,00
14	60	35	45	14	3	6	28	105	100,00	3,75	583,33
15	70	40	30	25	5	10	50	100	142,86	2,00	571,43
16	46	31	35	15	4	8	30	81	173,91	2,70	673,91
17	70	45	45	16	6	12	32	115	171,43	3,59	642,86
18	56	40	27	17	4	8	34	83	142,86	2,44	714,29
19	63	38	37	15	4	8	30	100	126,98	3,33	603,17
20	64	44	35	20	5	10	40	99	156,25	2,48	687,50
21	40	25	35	15	4	8	30	75	200,00	2,50	625,00
22	55	35	40	22	6	12	44	95	218,18	2,16	636,36
23	50	34	35	18	3	6	36	85	120,00	2,36	680,00
24	55	33	40	15	3	6	30	95	109,09	3,17	600,00
25	65	50	50	25	2	4	50	115	61,54	2,30	769,23
26	45	25	30	25	5	10	50	75	222,22	1,50	555,56
27	55	40	37	17	4	8	34	92	145,45	2,71	727,27
28	45	30	25	15	3	6	30	70	133,33	2,33	666,67
29	37	20	24	9	3	6	18	61	162,16	3,39	540,54
30	75	53	38	21	2	4	42	113	53,33	2,69	706,67
31	47	27	35	17	5	10	34	82	212,77	2,41	574,47
32	55	30	38	15	3	6	30	93	109,09	3,10	545,45
33	67	48	35	15	4	8	30	102	119,40	3,40	716,42
34	45	30	20	12	3	6	24	65	133,33	2,71	666,67
35	45	25	25	15	3	6	30	70	133,33	2,33	555,56
36	38	20	25	13	6	12	26	63	315,79	2,42	526,32
37	38	20	35	19	3	6	38	73	157,89	1,92	526,32
38	46	30	35	27	5	10	54	81	217,39	1,50	652,17
39	40	25	35	15	3	6	30	75	150,00	2,50	625,00
40	38	20	30	20	6	12	40	68	315,79	1,70	526,32
41	79	48	48	35	6	12	70	127	151,90	1,81	607,59
42	90	63	35	20	3	6	40	125	66,67	3,13	700,00
43	66	35	40	36	12	24	72	106	363,64	1,47	530,30
44	40	28	30	23	3	6	46	70	150,00	1,52	700,00
45	40	30	32	20	2	4	40	72	100,00	1,80	750,00
46	35	20	28	17	2	4	34	63	114,29	1,85	571,43
47	38	24	16	7	2	4	14	54	105,26	3,86	631,58
48	44	26	28	21	2	4	42	72	90,91	1,71	590,91
49	52	38	38	15	3	6	30	90	115,38	3,00	730,77
50	32	25	27	17	3	6	34	59	187,50	1,74	781,25

TERRAZA 4 - 6 M - A1-

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	la	Idi
1	65	48	42	20	9	18	40	107	276,92	2,68	738,46
2	66	47	48	17	3	6	34	114	90,91	3,35	712,12
3	42	25	30	12	3	6	24	72	142,86	3,00	595,24
4	62	38	34	16	3	6	32	96	96,77	3,00	612,90
5	45	30	26	18	3	6	36	71	133,33	1,97	666,67
6	35	25	25	23	7	14	46	60	400,00	1,30	714,29
7	38	31	29	21	11	22	42	67	578,95	1,60	815,79
8	35	32	26	22	8	16	44	61	457,14	1,39	914,29
9	41	30	35	20	6	12	40	76	292,68	1,90	731,71
10	47	40	30	17	7	14	34	77	297,87	2,26	851,06
11	40	35	38	18	7	14	36	78	350,00	2,17	875,00
12	50	36	29	15	3	6	30	79	120,00	2,63	720,00
13	49	32	30	24	8	16	48	79	326,53	1,65	653,06
14	42	42	25	15	5	10	30	67	238,10	2,23	1000,00
15	37	28	25	18	5	10	36	62	270,27	1,72	756,76
16	60	45	42	10	8	16	20	102	266,67	5,10	750,00
17	55	37	38	22	8	16	44	93	290,91	2,11	672,73
18	62	40	45	18	8	16	36	107	258,06	2,97	645,16
19	53	38	47	18	16	32	36	100	603,77	2,78	716,98
20	64	45	42	18	14	28	36	106	437,50	2,94	703,13
21	65	50	47	20	12	24	40	112	369,23	2,80	769,23
22	38	28	29	11	8	16	22	67	421,05	3,05	736,84
23	40	30	40	32	5	10	64	80	250,00	1,25	750,00
24	49	35	38	27	7	14	54	87	285,71	1,61	714,29
25	42	35	38	35	12	24	70	80	571,43	1,14	833,33
26	40	30	35	16	4	8	32	75	200,00	2,34	750,00
27	65	50	35	24	10	20	48	100	307,69	2,08	769,23
28	38	33	27	10	3	6	20	65	157,89	3,25	868,42
29	39	34	26	15	5	10	30	65	256,41	2,17	871,79
30	39	28	22	18	7	14	36	61	358,97	1,69	717,95
31	40	35	27	12	4	8	24	67	200,00	2,79	875,00
32	35	28	32	22	6	12	44	67	342,86	1,52	800,00
33	45	45	45	15	10	20	30	90	444,44	3,00	1000,00
34	42	31	26	25	4	8	50	68	190,48	1,36	738,10
35	41	30	17	16	5	10	32	58	243,90	1,81	731,71
36	43	32	15	14	4	8	28	58	186,05	2,07	744,19
37	54	54	52	21	8	16	42	106	296,30	2,52	1000,00
38	36	28	30	12	8	16	24	66	444,44	2,75	777,78
39	37	30	34	22	7	14	44	71	378,38	1,61	810,81
40	35	29	28	20	7	14	40	63	400,00	1,58	828,57
41	57	42	27	18	7	14	36	84	245,61	2,33	736,84
42	46	31	39	18	3	6	36	85	130,43	2,36	673,91
43	40	36	35	19	8	16	38	75	400,00	1,97	900,00
44	31	20	26	14	7	14	28	57	451,61	2,04	645,16
45	37	25	24	14	8	16	28	61	432,43	2,18	675,68
46	48	32	35	14	3	6	28	83	125,00	2,96	666,67
47	43	31	34	14	9	18	28	77	418,60	2,75	720,93
48	46	41	30	15	9	18	30	76	391,30	2,53	891,30
49	39	27	27	13	6	12	26	66	307,69	2,54	692,31
50	45	32	26	18	3	6	36	71	133,33	1,97	711,11

T-60 Margen Derecha - A2 -

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	48	26	45	15	2	4	30	93	83,33	3,10	541,67
2	41	22	30	12	10	20	24	71	487,80	2,96	536,59
3	40	25	32	16	7	14	32	72	350,00	2,25	625,00
4	55	35	41	15	3	6	30	96	109,09	3,20	636,36
5	40	25	30	15	3	6	30	70	150,00	2,33	625,00
6	55	35	35	18	10	20	36	90	363,64	2,50	636,36
7	55	34	34	24	8	16	48	89	290,91	1,85	618,18
8	46	25	32	15	5	10	30	78	217,39	2,60	543,48
9	55	35	40	15	6	12	30	95	218,18	3,17	636,36
10	60	40	25	17	8	16	34	85	266,67	2,50	666,67
11	38	20	28	20	8	16	40	66	421,05	1,65	526,32
12	60	35	41	28	14	28	56	101	466,67	1,80	583,33
13	62	45	42	20	9	18	40	104	290,32	2,60	725,81
14	62	35	35	30	7	14	60	97	225,81	1,62	564,52
15	40	22	25	10	8	16	20	65	400,00	3,25	550,00
16	55	30	40	16	9	18	32	95	327,27	2,97	545,45
17	54	35	37	13	3	6	26	91	111,11	3,50	648,15
18	38	20	28	14	6	12	28	66	315,79	2,36	526,32
19	56	30	50	20	12	24	40	106	428,57	2,65	535,71
20	50	30	34	17	4	8	34	84	160,00	2,47	600,00
21	46	35	40	24	7	14	48	86	304,35	1,79	760,87
22	37	18	32	20	7	14	40	69	378,38	1,73	486,49
23	42	22	21	10	6	12	20	63	285,71	3,15	523,81
24	65	51	40	22	12	24	44	105	369,23	2,39	784,62
25	64	42	50	21	9	18	42	114	281,25	2,71	656,25
26	59	45	38	19	12	24	38	97	406,78	2,55	762,71
27	52	39	20	13	5	10	26	72	192,31	2,77	750,00
28	39	38	35	35	2	4	70	74	102,56	1,06	974,36
29	39	30	20	15	4	8	30	59	205,13	1,97	769,23
30	42	34	26	19	5	10	38	68	238,10	1,79	809,52
31	50	45	42	17	7	14	34	92	280,00	2,71	900,00
32	37	32	31	16	8	16	32	68	432,43	2,13	864,86
33	46	40	30	19	7	14	38	76	304,35	2,00	869,57
34	46	41	26	11	6	12	22	72	260,87	3,27	891,30
35	30	26	30	28	6	12	56	60	400,00	1,07	866,67
36	40	30	33	16	4	8	32	73	200,00	2,28	750,00
37	37	27	32	14	10	20	28	69	540,54	2,46	729,73
38	37	30	25	16	9	18	32	62	486,49	1,94	810,81
39	40	25	28	28	4	8	56	68	200,00	1,21	625,00
40	56	30	33	15	6	12	30	89	214,29	2,97	535,71
41	35	21	24	16	7	14	32	59	400,00	1,84	600,00
42	62	42	48	25	8	16	50	110	258,06	2,20	677,42
43	54	40	22	20	7	14	40	76	259,26	1,90	740,74
44	40	28	31	12	6	12	24	71	300,00	2,96	700,00
45	39	31	29	17	10	20	34	68	512,82	2,00	794,87
46	40	35	24	18	5	10	36	64	250,00	1,78	875,00
47	39	32	35	25	8	16	50	74	410,26	1,48	820,51
48	40	31	31	21	6	12	42	71	300,00	1,69	775,00
49	47	32	28	16	2	4	32	75	85,11	2,34	680,85
50	48	32	31	28	9	18	56	79	375,00	1,41	666,67

TERRAZA +60 MG. IZQDA. -A3-											
Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	57	46	45	35	16	32	70	102	561,40	1,46	807,02
2	65	55	49	29	10	20	58	114	307,69	1,97	846,15
3	60	40	48	29	4	8	58	108	133,33	1,86	666,67
4	52	41	43	29	11	22	58	95	423,08	1,64	788,46
5	64	49	56	23	18	36	46	120	562,50	2,61	765,63
6	45	28	38	24	7	14	48	83	311,11	1,73	622,22
7	52	40	36	20	7	14	40	88	269,23	2,20	769,23
8	58	45	47	13	3	6	26	105	103,45	4,04	775,86
9	55	40	39	24	12	24	48	94	436,36	1,96	727,27
10	60	47	55	38	12	24	76	115	400,00	1,51	783,33
11	58	45	43	16	10	20	32	101	344,83	3,16	775,86
12	65	60	44	15	12	24	30	109	369,23	3,63	923,08
13	37	37	31	25	6	12	50	68	324,32	1,36	1000,00
14	60	60	30	26	8	16	52	90	266,67	1,73	1000,00
15	32	28	30	20	7	14	40	62	437,50	1,55	875,00
16	38	32	21	13	4	8	26	59	210,53	2,27	842,11
17	45	33	28	12	6	12	24	73	266,67	3,04	733,33
18	37	33	45	41	9	18	82	82	486,49	1,00	891,89
19	48	48	20	20	4	8	40	68	166,67	1,70	1000,00
20	53	38	33	14	8	16	28	86	301,89	3,07	716,98
21	42	31	33	9	4	8	18	75	190,48	4,17	738,10
22	41	29	24	14	5	10	28	65	243,90	2,32	707,32
23	42	27	34	15	7	14	30	76	333,33	2,53	642,86
24	48	39	32	17	3	6	34	80	125,00	2,35	812,50
25	30	21	21	23	4	8	46	51	266,67	1,11	700,00
26	35	23	32	17	4	8	34	67	228,57	1,97	657,14
27	55	35	39	19	7	14	38	94	254,55	2,47	636,36
28	30	35	38	26	10	20	52	68	666,67	1,31	1166,67
29	35	27	24	21	7	14	42	59	400,00	1,40	771,43
30	26	20	20	17	6	12	34	46	461,54	1,35	769,23
31	37	25	30	11	7	14	22	67	378,38	3,05	675,68
32	43	43	27	14	8	16	28	70	372,09	2,50	1000,00
33	60	45	25	22	12	24	44	85	400,00	1,93	750,00
34	56	56	25	18	8	16	36	81	285,71	2,25	1000,00
35	44	44	20	18	6	12	36	64	272,73	1,78	1000,00
36	58	45	45	25	12	24	50	103	413,79	2,06	775,86
37	55	40	36	14	10	20	28	91	363,64	3,25	727,27
38	37	27	25	14	4	8	28	62	216,22	2,21	729,73
39	58	58	48	18	14	28	36	106	482,76	2,94	1000,00
40	60	47	45	20	14	28	40	105	466,67	2,63	783,33
41	35	30	30	28	10	20	56	65	571,43	1,16	857,14
42	63	63	21	23	9	18	46	84	285,71	1,83	1000,00
43	45	32	31	24	8	16	48	76	355,56	1,58	711,11
44	31	31	22	17	3	6	34	53	193,55	1,56	1000,00
45	47	47	40	13	4	8	26	87	170,21	3,35	1000,00
46	48	38	33	20	6	12	40	81	250,00	2,03	791,67
47	38	28	26	18	5	10	36	64	263,16	1,78	736,84
48	35	35	15	16	5	10	32	50	285,71	1,56	1000,00
49	42	32	33	17	8	16	34	75	380,95	2,21	761,90
50	48	48	21	20	6	12	40	69	250,00	1,73	1000,00

CONO -A4-

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	63		60	15	3	6	30	123	95,24	4,10	0,00
2	53		39	8	4	8	16	92	150,94	5,75	0,00
3	40		40	24	7	14	48	80	350,00	1,67	0,00
4	41		31	25	7	14	50	72	341,46	1,44	0,00
5	59		44	12	5	10	24	103	169,49	4,29	0,00
6	62		43	12	5	10	24	105	161,29	4,38	0,00
7	59		41	8	3	6	16	100	101,69	6,25	0,00
8	57		34	23	7	14	46	91	245,61	1,98	0,00
9	42		33	13	5	10	26	75	238,10	2,88	0,00
10	62		31	28	5	10	56	93	161,29	1,66	0,00
11	44		24	12	5	10	24	68	227,27	2,83	0,00
12	62		37	29	7	14	58	99	225,81	1,71	0,00
13	63		30	20	8	16	40	93	253,97	2,33	0,00
14	46		38	22	2	4	44	84	86,96	1,91	0,00
15	53		23	8	2	4	16	76	75,47	4,75	0,00
16	45		26	20	6	12	40	71	266,67	1,78	0,00
17	49		41	14	3	6	28	90	122,45	3,21	0,00
18	65		50	18	4	8	36	115	123,08	3,19	0,00
19	49		27	15	9	18	30	76	367,35	2,53	0,00
20	53		40	18	6	12	36	93	226,42	2,58	0,00
21	50		26	17	5	10	34	76	200,00	2,24	0,00
22	49		24	18	6	12	36	73	244,90	2,03	0,00
23	65		35	15	5	10	30	100	153,85	3,33	0,00
24	58		36	24	5	10	48	94	172,41	1,96	0,00
25	45		30	17	3	6	34	75	133,33	2,21	0,00
26	42		20	12	2	4	24	62	95,24	2,58	0,00
27	58		29	13	6	12	26	87	206,90	3,35	0,00
28	52		22	11	4	8	22	74	153,85	3,36	0,00
29	50		20	15	4	8	30	70	160,00	2,33	0,00
30	40		27	10	3	6	20	67	150,00	3,35	0,00
31	45		27	13	5	10	26	72	222,22	2,77	0,00
32	55		34	19	4	8	38	89	145,45	2,34	0,00
33	46		31	14	4	8	28	77	173,91	2,75	0,00
34	45		25	15	6	12	30	70	266,67	2,33	0,00
35	44		22	13	4	8	26	66	181,82	2,54	0,00
36	37		29	10	7	14	20	66	378,38	3,30	0,00
37	47		26	19	4	8	38	73	170,21	1,92	0,00
38	42		30	10	3	6	20	72	142,86	3,60	0,00
39	36		25	12	6	12	24	61	333,33	2,54	0,00
40	32		26	14	5	10	28	58	312,50	2,07	0,00
41	40		26	12	7	14	24	66	350,00	2,75	0,00
42	37		25	21	6	12	42	62	324,32	1,48	0,00
43	41		29	19	5	10	38	70	243,90	1,84	0,00
44	40		31	16	7	14	32	71	350,00	2,22	0,00
45	41		22	14	5	10	28	63	243,90	2,25	0,00
46	35		29	21	7	14	42	64	400,00	1,52	0,00
47	40		25	13	5	10	26	65	250,00	2,50	0,00
48	38		28	21	9	18	42	66	473,68	1,57	0,00
49	40		26	8	4	8	16	66	200,00	4,13	0,00
50	40		35	20	2	4	40	75	100,00	1,88	0,00

AINSA T-10 -A5- MG. IZQUDA.

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	la	Idi
1	52	32	47	34	9	18	68	99	346,15	1,46	615,38
2	64	35	34	31	9	18	62	98	281,25	1,58	546,88
3	60	43	40	36	9	18	72	100	300,00	1,39	716,67
4	47	32	31	17	13	26	34	78	553,19	2,29	680,85
5	47	38	42	36	12	24	72	89	510,64	1,24	808,51
6	45	27	27	26	8	16	52	72	355,56	1,38	600,00
7	50	37	42	12	15	30	24	92	600,00	3,83	740,00
8	50	41	35	35	4	8	70	85	160,00	1,21	820,00
9	60	48	33	14	5	10	28	93	166,67	3,32	800,00
10	57	45	25	18	4	8	36	82	140,35	2,28	789,47
11	62	46	33	25	7	14	50	95	225,81	1,90	741,94
12	49	34	41	17	9	18	34	90	367,35	2,65	693,88
13	48	40	38	32	7	14	64	86	291,67	1,34	833,33
14	50	40	43	26	10	20	52	93	400,00	1,79	800,00
15	42	31	29	23	6	12	46	71	285,71	1,54	738,10
16	43	34	36	26	8	16	52	79	372,09	1,52	790,70
17	51	40	29	27	3	6	54	80	117,65	1,48	784,31
18	43	32	32	32	5	10	64	75	232,56	1,17	744,19
19	28	21	24	18	3	6	36	52	214,29	1,44	750,00
20	38	28	30	15	4	8	30	68	210,53	2,27	736,84
21	63	45	41	12	5	10	24	104	158,73	4,33	714,29
22	38	30	28	22	4	8	44	66	210,53	1,50	789,47
23	50	27	31	28	5	10	56	81	200,00	1,45	540,00
24	40	31	40	29	6	12	58	80	300,00	1,38	775,00
25	53	39	47	35	14	28	70	100	528,30	1,43	735,85
26	36	30	30	15	5	10	30	66	277,78	2,20	833,33
27	38	25	31	20	6	12	40	69	315,79	1,73	657,89
28	34	22	25	13	4	8	26	59	235,29	2,27	647,06
29	41	29	32	18	5	10	36	73	243,90	2,03	707,32
30	56	38	34	14	6	12	28	90	214,29	3,21	678,57
31	43	38	36	32	12	24	64	79	558,14	1,23	883,72
32	39	30	31	11	5	10	22	70	256,41	3,18	769,23
33	30	21	23	14	4	8	28	53	266,67	1,89	700,00
34	52	39	41	24	10	20	48	93	384,62	1,94	750,00
35	47	40	35	31	8	16	62	82	340,43	1,32	851,06
36	35	33	28	23	4	8	46	63	228,57	1,37	942,86
37	39	25	31	19	3	6	38	70	153,85	1,84	641,03
38	51	31	23	25	14	28	50	74	549,02	1,48	607,84
39	61	44	52	27	7	14	54	113	229,51	2,09	721,31
40	55	43	42	27	4	8	54	97	145,45	1,80	781,82
41	41	30	32	16	8	16	32	73	390,24	2,28	731,71
42	41	33	35	21	9	18	42	76	439,02	1,81	804,88
43	65	48	35	30	9	18	60	100	276,92	1,67	738,46
44	60	55	31	30	9	18	60	91	300,00	1,52	916,67
45	61	42	47	24	10	20	48	108	327,87	2,25	688,52
46	60	60	30	25	2	4	50	90	66,67	1,80	1000,00
47	40	31	32	18	6	12	36	72	300,00	2,00	775,00
48	35	27	30	17	4	8	34	65	228,57	1,91	771,43
49	41	41	40	28	5	10	56	81	243,90	1,45	1000,00
50	34	26	27	11	7	14	22	61	411,76	2,77	764,71

BARRA ACTUAL - AINSA -

A6

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	la	Idi
1	58	42	42	36	9	18	72	100	310,34	1,39	724,14
2	63	58	35	14	6	12	28	98	190,48	3,50	920,63
3	38	27	30	24	3	6	48	68	157,89	1,42	710,53
4	42	35	28	17	3	6	34	70	142,86	2,06	833,33
5	57	43	40	20	5	10	40	97	175,44	2,43	754,39
6	42	26	27	16	7	14	32	69	333,33	2,16	619,05
7	54	44	30	18	7	14	36	84	259,26	2,33	814,81
8	52	40	38	17	4	8	34	90	153,85	2,65	769,23
9	40	35	29	23	3	6	46	69	150,00	1,50	875,00
10	62	50	36	19	3	6	38	98	96,77	2,58	806,45
11	39	32	34	15	5	10	30	73	256,41	2,43	820,51
12	58	48	34	22	7	14	44	92	241,38	2,09	827,59
13	52	38	28	11	4	8	22	80	153,85	3,64	730,77
14	40	30	35	29	11	22	58	75	550,00	1,29	750,00
15	58	40	39	22	8	16	44	97	275,86	2,20	689,66
16	44	36	33	15	7	14	30	77	318,18	2,57	818,18
17	52	43	26	26	6	12	52	78	230,77	1,50	826,92
18	47	35	38	14	12	24	28	85	510,64	3,04	744,68
19	50	37	21	12	5	10	24	71	200,00	2,96	740,00
20	44	32	29	11	4	8	22	73	181,82	3,32	727,27
21	40	38	29	24	4	8	48	69	200,00	1,44	950,00
22	43	32	33	12	12	24	24	76	558,14	3,17	744,19
23	46	37	22	21	5	10	42	68	217,39	1,62	804,35
24	46	34	21	19	3	6	38	67	130,43	1,76	739,13
25	39	30	34	33	10	20	66	73	512,82	1,11	769,23
26	49	36	38	18	5	10	36	87	204,08	2,42	734,69
27	63	58	40	21	12	24	42	103	380,95	2,45	920,63
28	39	31	35	10	10	20	20	74	512,82	3,70	794,87
29	43	34	22	11	7	14	22	65	325,58	2,95	790,70
30	43	32	26	21	3	6	42	69	139,53	1,64	744,19
31	32	27	31	14	4	8	28	63	250,00	2,25	843,75
32	65	51	25	15	4	8	30	90	123,08	3,00	784,62
33	62	38	38	18	8	16	36	100	258,06	2,78	612,90
34	66	51	40	30	7	14	60	106	212,12	1,77	772,73
35	55	42	40	17	6	12	34	95	218,18	2,79	763,64
36	48	37	29	15	9	18	30	77	375,00	2,57	770,83
37	38	28	31	9	9	18	18	69	473,68	3,83	736,84
38	54	38	25	15	6	12	30	79	222,22	2,63	703,70
39	38	26	26	18	3	6	36	64	157,89	1,78	684,21
40	43	31	33	12	2	4	24	76	93,02	3,17	720,93
41	52	32	22	19	3	6	38	74	115,38	1,95	615,38
42	42	30	30	17	6	12	34	72	285,71	2,12	714,29
43	35	32	35	15	5	10	30	70	285,71	2,33	914,29
44	45	33	31	11	4	8	22	76	177,78	3,45	733,33
45	52	40	36	24	4	8	48	88	153,85	1,83	769,23
46	37	29	32	20	6	12	40	69	324,32	1,73	783,78
47	31	21	29	19	8	16	38	60	516,13	1,58	677,42
48	50	48	47	36	12	24	72	97	480,00	1,35	960,00
49	36	26	33	25	4	8	50	69	222,22	1,38	722,22
50	42	30	34	23	5	10	46	76	238,10	1,65	714,29

TERR.8-12 M.D. A8

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	64		42	21	16	32	42	106	500,00	2,52	0,00
2	65		34	34	9	18	68	99	276,92	1,46	0,00
3	62		40	23	12	24	46	102	387,10	2,22	0,00
4	57		38	18	12	24	36	95	421,05	2,64	0,00
5	43		38	18	8	16	36	81	372,09	2,25	0,00
6	58		43	21	12	24	42	101	413,79	2,40	0,00
7	60		34	17	10	20	34	94	333,33	2,76	0,00
8	60		38	16	10	20	32	98	333,33	3,06	0,00
9	53		42	17	10	20	34	95	377,36	2,79	0,00
10	50		25	19	6	12	38	75	240,00	1,97	0,00
11	44		34	22	12	24	44	78	545,45	1,77	0,00
12	50		39	17	12	24	34	89	480,00	2,62	0,00
13	44		22	21	4	8	42	66	181,82	1,57	0,00
14	39		35	15	4	8	30	74	205,13	2,47	0,00
15	35		33	20	10	20	40	68	571,43	1,70	0,00
16	45		28	26	14	28	52	73	622,22	1,40	0,00
17	44		35	13	4	8	26	79	181,82	3,04	0,00
18	44		24	16	4	8	32	68	181,82	2,13	0,00
19	38		33	22	6	12	44	71	315,79	1,61	0,00
20	45		42	28	14	28	56	87	622,22	1,55	0,00
21	48		33	13	5	10	26	81	208,33	3,12	0,00
22	45		30	14	8	16	28	75	355,56	2,68	0,00
23	54		42	30	7	14	60	96	259,26	1,60	0,00
24	60		37	34	10	20	68	97	333,33	1,43	0,00
25	41		32	27	7	14	54	73	341,46	1,35	0,00
26	43		25	17	7	14	34	68	325,58	2,00	0,00
27	41		32	18	7	14	36	73	341,46	2,03	0,00
28	40		28	28	7	14	56	68	350,00	1,21	0,00
29	44		28	20	7	14	40	72	318,18	1,80	0,00
30	48		26	26	5	10	52	74	208,33	1,42	0,00
31	43		24	15	5	10	30	67	232,56	2,23	0,00
32	42		33	18	4	8	36	75	190,48	2,08	0,00
33	48		27	22	4	8	44	75	166,67	1,70	0,00
34	53		35	29	9	18	58	88	339,62	1,52	0,00
35	47		21	18	5	10	36	68	212,77	1,89	0,00
36	47		39	11	10	20	22	86	425,53	3,91	0,00
37	55		27	22	10	20	44	82	363,64	1,86	0,00
38	40		27	15	7	14	30	67	350,00	2,23	0,00
39	40		26	10	9	18	20	66	450,00	3,30	0,00
40	53		46	19	10	20	38	99	377,36	2,61	0,00
41	39		30	19	5	10	38	69	256,41	1,82	0,00
42	42		26	26	5	10	52	68	238,10	1,31	0,00
43	40		38	17	10	20	34	78	500,00	2,29	0,00
44	48		28	23	8	16	46	76	333,33	1,65	0,00
45	49		34	14	9	18	28	83	367,35	2,96	0,00
46	43		27	12	6	12	24	70	279,07	2,92	0,00
47	41		22	12	3	6	24	63	146,34	2,63	0,00
48	40		21	18	5	10	36	61	250,00	1,69	0,00
49	40		28	20	6	12	40	68	300,00	1,70	0,00
50	40		24	16	5	10	32	64	250,00	2,00	0,00

TERRAZA DEL CINCA

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	64		51	24	14	28	48	115	437,50	2,40	0,00
2	57		38	24	9	18	48	95	315,79	1,98	0,00
3	51		35	30	12	24	60	86	470,59	1,43	0,00
4	50		31	18	12	24	36	81	480,00	2,25	0,00
5	58		40	34	12	24	68	98	413,79	1,44	0,00
6	48		45	18	7	14	36	93	291,67	2,58	0,00
7	58		39	20	5	10	40	97	172,41	2,43	0,00
8	43		33	23	10	20	46	76	465,12	1,65	0,00
9	53		50	31	12	24	62	103	452,83	1,66	0,00
10	40		33	25	5	10	50	73	250,00	1,46	0,00
11	52		50	28	14	28	56	102	538,46	1,82	0,00
12	24		50	18	10	20	36	74	833,33	2,06	0,00
13	46		41	32	12	24	64	87	521,74	1,36	0,00
14	51		35	30	10	20	60	86	392,16	1,43	0,00
15	54		35	24	16	32	48	89	592,59	1,85	0,00
16	12		30	21	7	14	42	42	#####	1,00	0,00
17	60		42	18	14	28	36	102	466,67	2,83	0,00
18	44		30	17	8	16	34	74	363,64	2,18	0,00
19	40		35	14	5	10	28	75	250,00	2,68	0,00
20	39		23	20	9	18	40	62	461,54	1,55	0,00
21	64		30	11	7	14	22	94	218,75	4,27	0,00
22	39		30	27	6	12	54	69	307,69	1,28	0,00
23	56		31	19	6	12	38	87	214,29	2,29	0,00
24	48		31	17	5	10	34	79	208,33	2,32	0,00
25	45		35	20	12	24	40	80	533,33	2,00	0,00
26	39		30	13	4	8	26	69	205,13	2,65	0,00
27	50		29	25	9	18	50	79	360,00	1,58	0,00
28	40		27	15	7	14	30	67	350,00	2,23	0,00
29	58		26	22	7	14	44	84	241,38	1,91	0,00
30	40		28	17	7	14	34	68	350,00	2,00	0,00
31	43		24	16	9	18	32	67	418,60	2,09	0,00
32	52		38	22	9	18	44	90	346,15	2,05	0,00
33	40		30	20	6	12	40	70	300,00	1,75	0,00
34	39		22	15	3	6	30	61	153,85	2,03	0,00
35	40		30	18	9	18	36	70	450,00	1,94	0,00
36	40		25	18	4	8	36	65	200,00	1,81	0,00
37	52		27	18	9	18	36	79	346,15	2,19	0,00
38	45		25	11	7	14	22	70	311,11	3,18	0,00
39	39		22	15	8	16	30	61	410,26	2,03	0,00
40	39		30	18	8	16	36	69	410,26	1,92	0,00
41	39		25	18	7	14	36	64	358,97	1,78	0,00
42	40		29	28	5	10	56	69	250,00	1,23	0,00
43	40		25	18	4	8	36	65	200,00	1,81	0,00
44	40		22	19	3	6	38	62	150,00	1,63	0,00
45	39		22	16	5	10	32	61	256,41	1,91	0,00
46	40		28	25	5	10	50	68	250,00	1,36	0,00
47	40		22	18	6	12	36	62	300,00	1,72	0,00
48	40		17	8	4	8	16	57	200,00	3,56	0,00
49	39		18	17	4	8	34	57	205,13	1,68	0,00
50	39		27	13	12	24	26	66	615,38	2,54	0,00

BCO. SORROSAL

Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	37	30	37	20	3	6	40	74	162,16	1,85	810,81
2	55	50	38	22	5	10	44	93	181,82	2,11	909,09
3	62	45	53	23	3	6	46	115	96,77	2,50	725,81
4	58	46	42	22	2	4	44	100	68,97	2,27	793,10
5	52	45	42	15	3	6	30	94	115,38	3,13	865,38
6	55	47	38	32	4	8	64	93	145,45	1,45	854,55
7	57	45	25	22	2	4	44	82	70,18	1,86	789,47
8	60	45	40	10	3	6	20	100	100,00	5,00	750,00
9	54	37	42	17	3	6	34	96	111,11	2,82	685,19
10	50	41	28	28	3	6	56	78	120,00	1,39	820,00
11	60	45	38	15	6	12	30	98	200,00	3,27	750,00
12	60	45	40	28	5	10	56	100	166,67	1,79	750,00
13	46	35	33	18	4	8	36	79	173,91	2,19	760,87
14	55	35	35	12	4	8	24	90	145,45	3,75	636,36
15	65	43	40	15	2	4	30	105	61,54	3,50	661,54
16	60	42	48	17	10	20	34	108	333,33	3,18	700,00
17	60	38	43	19	4	8	38	103	133,33	2,71	633,33
18	48	38	33	25	3	6	50	81	125,00	1,62	791,67
19	42	35	38	17	3	6	34	80	142,86	2,35	833,33
20	45	32	23	17	2	4	34	68	88,89	2,00	711,11
21	64	43	35	27	4	8	54	99	125,00	1,83	671,88
22	49	33	39	15	2	4	30	88	81,63	2,93	673,47
23	57	40	53	17	2	4	34	110	70,18	3,24	701,75
24	65	40	50	27	4	8	54	115	123,08	2,13	615,38
25	45	33	30	17	4	8	34	75	177,78	2,21	733,33
26	40	32	22	20	2	4	40	62	100,00	1,55	800,00
27	55	40	27	21	4	8	42	82	145,45	1,95	727,27
28	53	35	40	17	6	12	34	93	226,42	2,74	660,38
29	68	52	50	15	12	24	30	118	352,94	3,93	764,71
30	50	33	40	33	6	12	66	90	240,00	1,36	660,00
31	37	37	35	30	2	4	60	72	108,11	1,20	1000,00
32	60	45	52	27	7	14	54	112	233,33	2,07	750,00
33	50	35	40	25	3	6	50	90	120,00	1,80	700,00
34	45	32	30	15	4	8	30	75	177,78	2,50	711,11
35	52	32	27	25	8	16	50	79	307,69	1,58	615,38
36	55	35	35	10	6	12	20	90	218,18	4,50	636,36
37	60	40	35	20	4	8	40	95	133,33	2,38	666,67
38	48	30	25	13	3	6	26	73	125,00	2,81	625,00
39	60	45	37	15	2	4	30	97	66,67	3,23	750,00
40	44	37	27	14	2	4	28	71	90,91	2,54	840,91
41	60	37	50	15	10	20	30	110	333,33	3,67	616,67
42	60	43	54	12	9	18	24	114	300,00	4,75	716,67
43	52	35	37	18	3	6	36	89	115,38	2,47	673,08
44	43	25	37	17	3	6	34	80	139,53	2,35	581,40
45	64	50	30	12	2	4	24	94	62,50	3,92	781,25
46	57	33	45	13	6	12	26	102	210,53	3,92	578,95
47	35	30	30	12	3	6	24	65	171,43	2,71	857,14
48	50	31	30	14	4	8	28	80	160,00	2,86	620,00
49	60	50	50	12	8	16	24	110	266,67	4,58	833,33
50	60	50	45	11	2	4	22	105	66,67	4,77	833,33

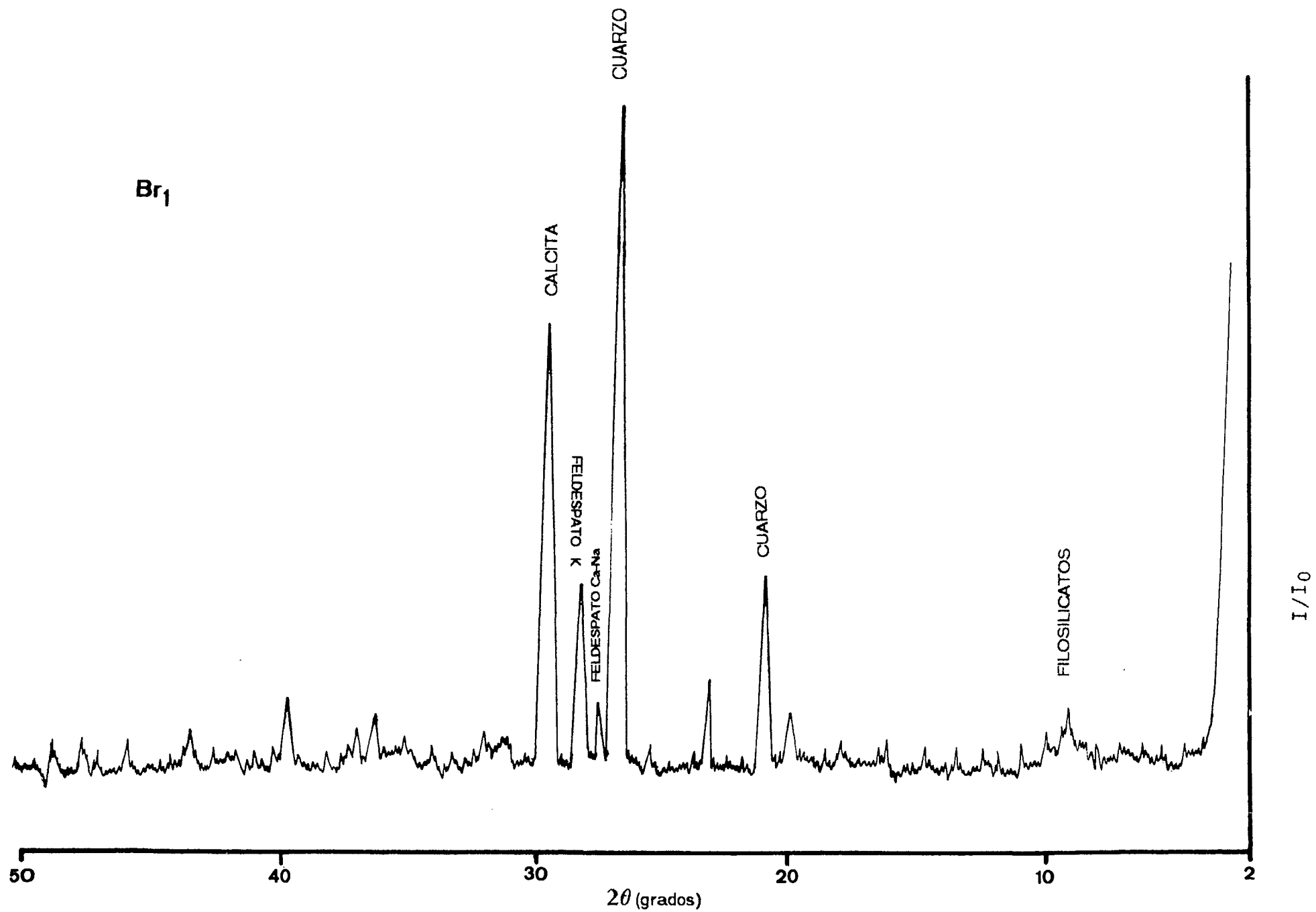
BCO. CHATE

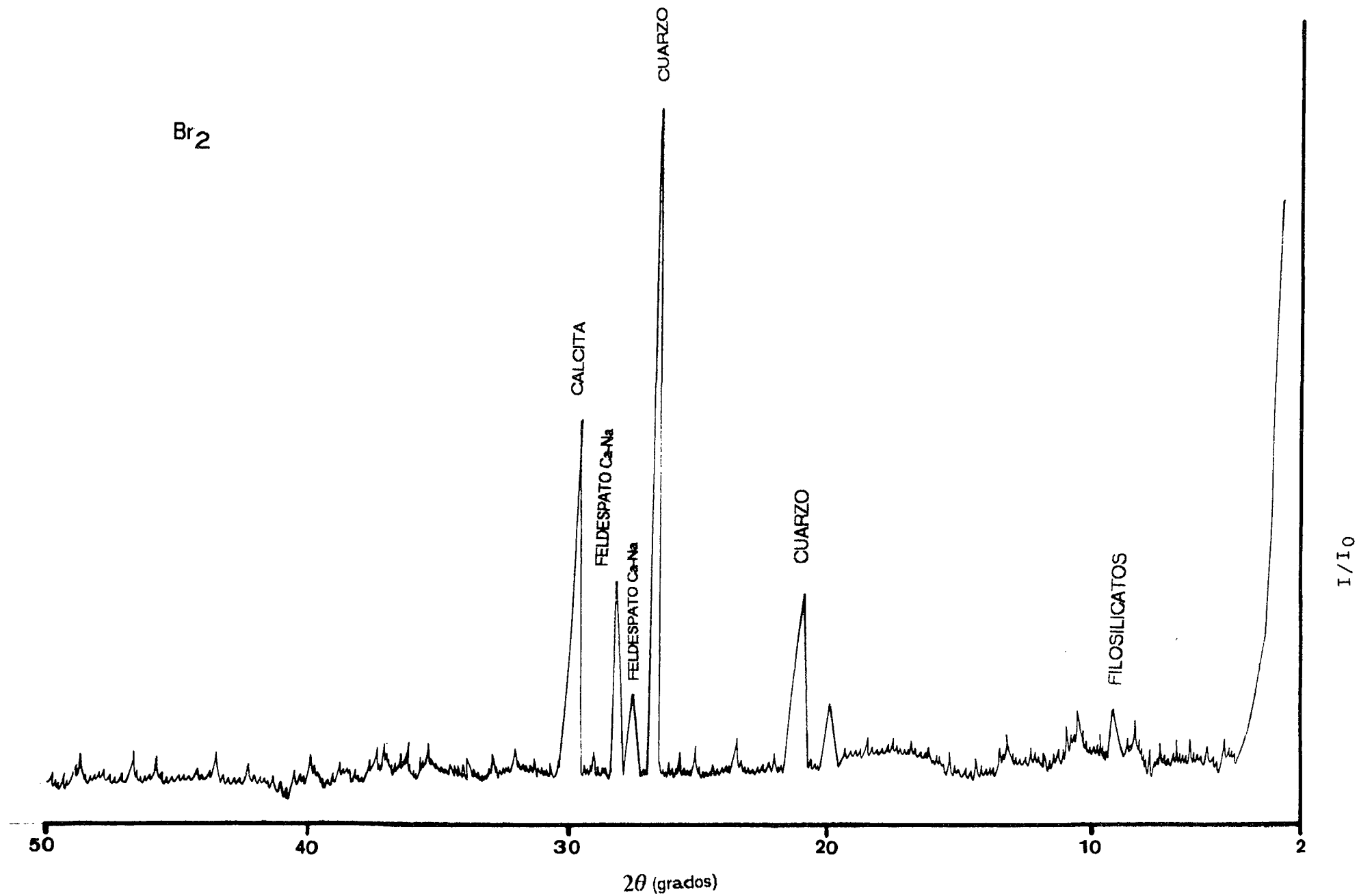
Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	60	42	56	19	3	6	38	116	100,00	3,05	700,00
2	65	35	57	14	5	10	28	122	153,85	4,36	538,46
3	53	37	38	23	9	18	46	91	339,62	1,98	698,11
4	57	33	40	10	3	6	20	97	105,26	4,85	578,95
5	48	38	38	22	6	12	44	86	250,00	1,95	791,67
6	60	32	53	25	12	24	50	113	400,00	2,26	533,33
7	56	36	36	30	3	6	60	92	107,14	1,53	642,86
8	56	20	39	30	6	12	60	95	214,29	1,58	357,14
9	48	29	30	10	3	6	20	78	125,00	3,90	604,17
10	68	45	37	25	6	12	50	105	176,47	2,10	661,76
11	57	42	28	19	5	10	38	85	175,44	2,24	736,84
12	45	40	40	12	9	18	24	85	400,00	3,54	888,89
13	55	40	43	15	12	24	30	98	436,36	3,27	727,27
14	58	39	46	16	9	18	32	104	310,34	3,25	672,41
15	50	50	45	12	4	8	24	95	160,00	3,96	1000,00
16	57	32	46	15	6	12	30	103	210,53	3,43	561,40
17	60	38	34	28	5	10	56	94	166,67	1,68	633,33
18	60	40	44	12	4	8	24	104	133,33	4,33	666,67
19	50	37	30	27	4	8	54	80	160,00	1,48	740,00
20	45	43	44	13	2	4	26	89	88,89	3,42	955,56
21	43	27	36	23	2	4	46	79	93,02	1,72	627,91
22	45	27	31	17	3	6	34	76	133,33	2,24	600,00
23	56	45	32	18	2	4	36	88	71,43	2,44	803,57
24	58	45	44	22	2	4	44	102	68,97	2,32	775,86
25	48	39	31	19	9	18	38	79	375,00	2,08	812,50
26	70	42	45	16	5	10	32	115	142,86	3,59	600,00
27	40	39	37	21	6	12	42	77	300,00	1,83	975,00
28	52	38	36	22	6	12	44	88	230,77	2,00	730,77
29	51	32	16	16	2	4	32	67	78,43	2,09	627,45
30	44	27	35	10	2	4	20	79	90,91	3,95	613,64
31	53	53	44	25	9	18	50	97	339,62	1,94	1000,00
32	51	35	45	18	4	8	36	96	156,86	2,67	686,27
33	59	38	40	29	5	10	58	99	169,49	1,71	644,07
34	59	41	39	20	5	10	40	98	169,49	2,45	694,92
35	42	33	38	16	9	18	32	80	428,57	2,50	785,71
36	68	46	46	17	10	20	34	114	294,12	3,35	676,47
37	46	40	41	24	6	12	48	87	260,87	1,81	869,57
38	50	34	27	10	4	8	20	77	160,00	3,85	680,00
39	49	36	29	18	4	8	36	78	163,27	2,17	734,69
40	44	35	30	21	5	10	42	74	227,27	1,76	795,45
41	50	38	32	13	12	24	26	82	480,00	3,15	760,00
42	43	32	32	20	3	6	40	75	139,53	1,88	744,19
43	48	38	25	20	7	14	40	73	291,67	1,83	791,67
44	45	30	37	14	5	10	28	82	222,22	2,93	666,67
45	45	35	39	25	9	18	50	84	400,00	1,68	777,78
46	40	31	35	19	2	4	38	75	100,00	1,97	775,00
47	51	37	48	13	4	8	26	99	156,86	3,81	725,49
48	43	30	33	17	5	10	34	76	232,56	2,24	697,67
49	37	27	32	11	2	4	22	69	108,11	3,14	729,73
50	52	37	46	9	2	4	18	98	76,92	5,44	711,54

BCO. CAJOL

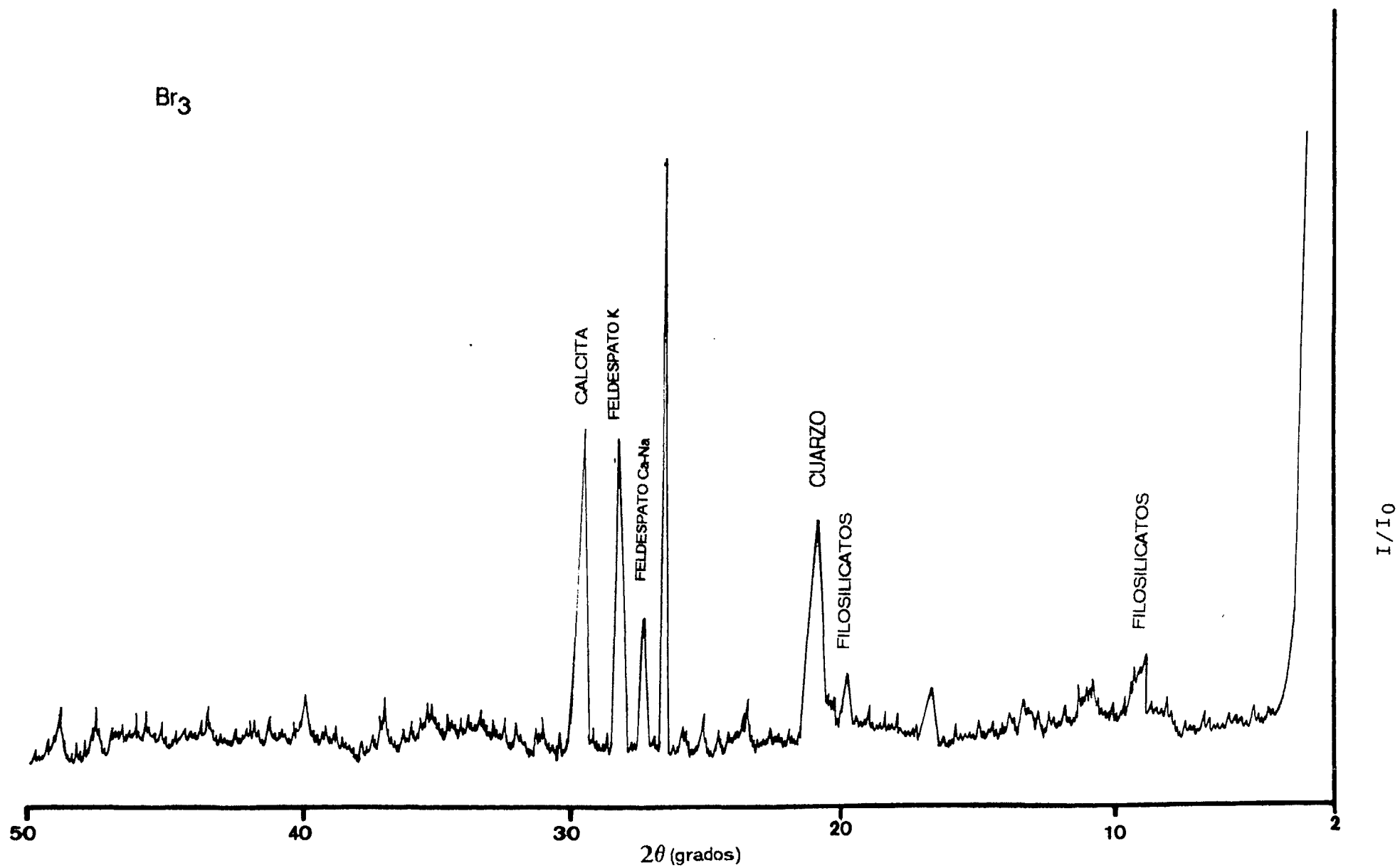
Nº	L	AC	I	E	R1	2R1	2E	L+I	Id	Ia	Idi
1	60	48	45	36	9	18	72	105	300,00	1,46	800,00
2	55	45	45	33	9	18	66	100	327,27	1,52	818,18
3	45	32	41	24	4	8	48	86	177,78	1,79	711,11
4	47	28	38	17	3	6	34	85	127,66	2,50	595,74
5	63	38	31	16	3	6	32	94	95,24	2,94	603,17
6	49	49	47	13	7	14	26	96	285,71	3,69	1000,00
7	46	38	28	20	4	8	40	74	173,91	1,85	826,09
8	54	45	48	26	3	6	52	102	111,11	1,96	833,33
9	56	34	44	22	4	8	44	100	142,86	2,27	607,14
10	65	52	42	33	4	8	66	107	123,08	1,62	800,00
11	60	46	40	20	2	4	40	100	66,67	2,50	766,67
12	58	44	37	27	2	4	54	95	68,97	1,76	758,62
13	65	47	32	22	3	6	44	97	92,31	2,20	723,08
14	60	40	48	16	2	4	32	108	66,67	3,38	666,67
15	40	30	37	12	2	4	24	77	100,00	3,21	750,00
16	50	35	41	16	3	6	32	91	120,00	2,84	700,00
17	51	40	37	20	12	24	40	88	470,59	2,20	784,31
18	60	52	37	15	4	8	30	97	133,33	3,23	866,67
19	46	35	41	15	5	10	30	87	217,39	2,90	760,87
20	51	40	36	13	2	4	26	87	78,43	3,35	784,31
21	54	46	34	12	3	6	24	88	111,11	3,67	851,85
22	55	43	32	28	4	8	56	87	145,45	1,55	781,82
23	47	36	44	20	2	4	40	91	85,11	2,28	765,96
24	50	45	36	28	5	10	56	86	200,00	1,54	900,00
25	55	37	24	13	2	4	26	79	72,73	3,04	672,73
26	60	55	26	26	4	8	52	86	133,33	1,65	916,67
27	50	32	19	16	5	10	32	69	200,00	2,16	640,00
28	40	32	28	18	6	12	36	68	300,00	1,89	800,00
29	55	35	34	16	2	4	32	89	72,73	2,78	636,36
30	46	35	32	9	7	14	18	78	304,35	4,33	760,87
31	53	37	37	25	2	4	50	90	75,47	1,80	698,11
32	40	33	35	18	2	4	36	75	100,00	2,08	825,00
33	53	38	41	15	4	8	30	94	150,94	3,13	716,98
34	65	47	40	20	7	14	40	105	215,38	2,63	723,08
35	60	47	35	20	10	20	40	95	333,33	2,38	783,33
36	45	33	30	21	3	6	42	75	133,33	1,79	733,33
37	55	39	35	33	5	10	66	90	181,82	1,36	709,09
38	49	41	40	30	9	18	60	89	367,35	1,48	836,73
39	44	37	31	29	2	4	58	75	90,91	1,29	840,91
40	57	45	45	25	14	28	50	102	491,23	2,04	789,47
41	47	34	39	22	3	6	44	86	127,66	1,95	723,40
42	49	36	40	22	4	8	44	89	163,27	2,02	734,69
43	43	30	33	21	2	4	42	76	93,02	1,81	697,67
44	45	30	35	13	2	4	26	80	88,89	3,08	666,67
45	58	48	32	13	6	12	26	90	206,90	3,46	827,59
46	55	47	47	16	6	12	32	102	218,18	3,19	854,55
47	60	53	48	47	6	12	94	108	200,00	1,15	883,33
48	62	45	35	20	4	8	40	97	129,03	2,43	725,81
49	45	32	33	22	3	6	44	78	133,33	1,77	711,11
50	53	40	39	13	4	8	26	92	150,94	3,54	754,72

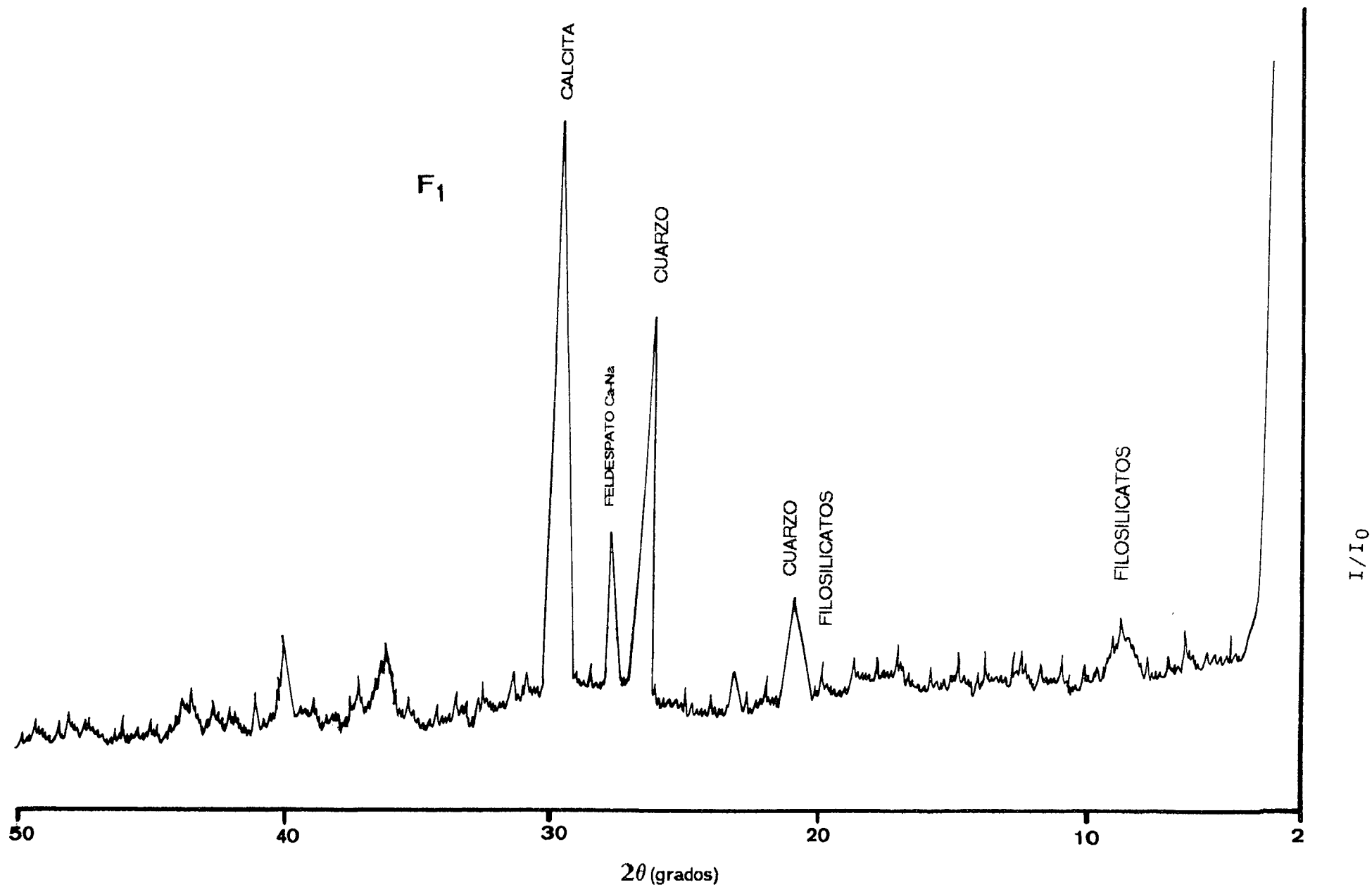
ANEXO III: Mineralogía de arcillas.

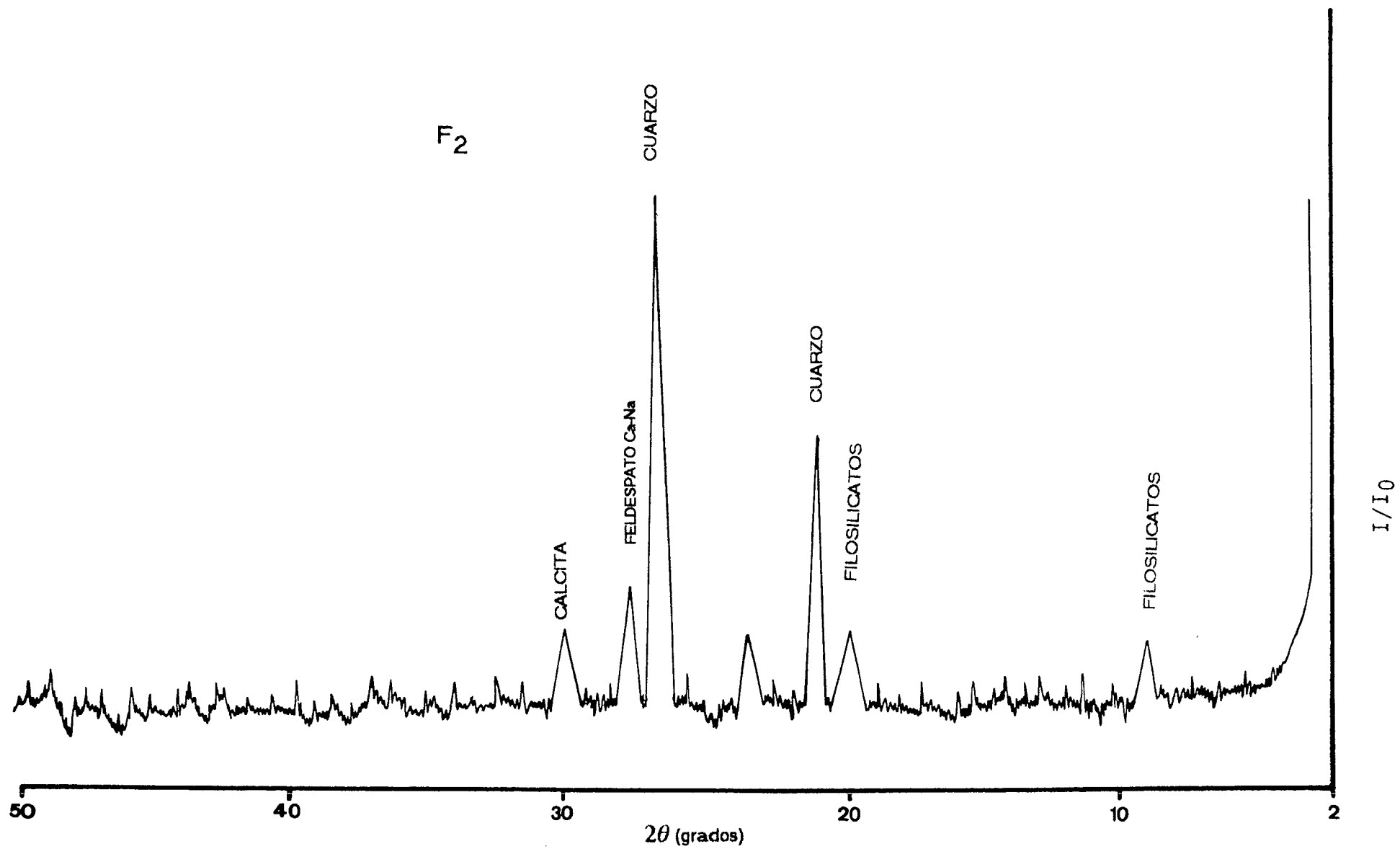


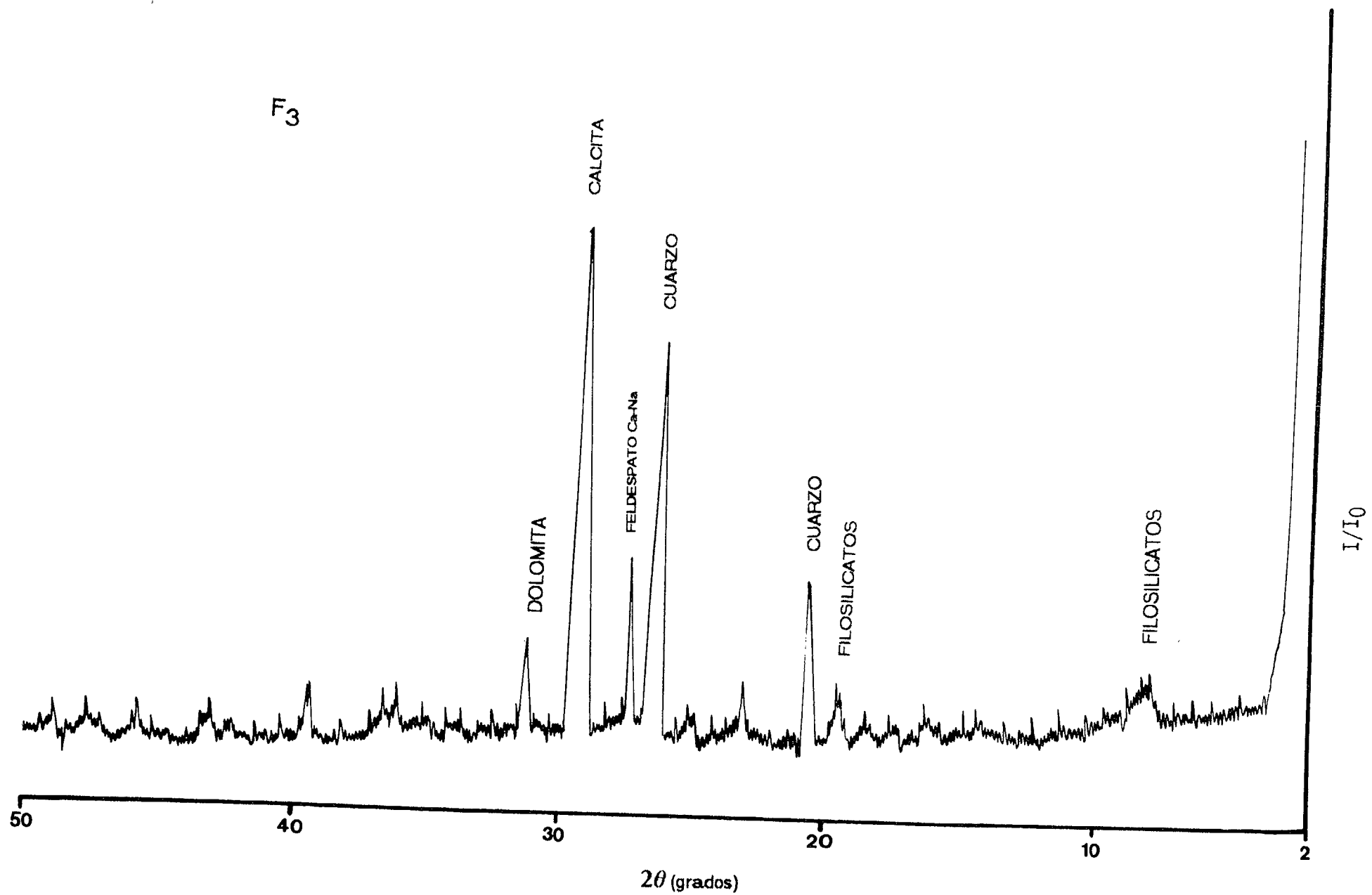


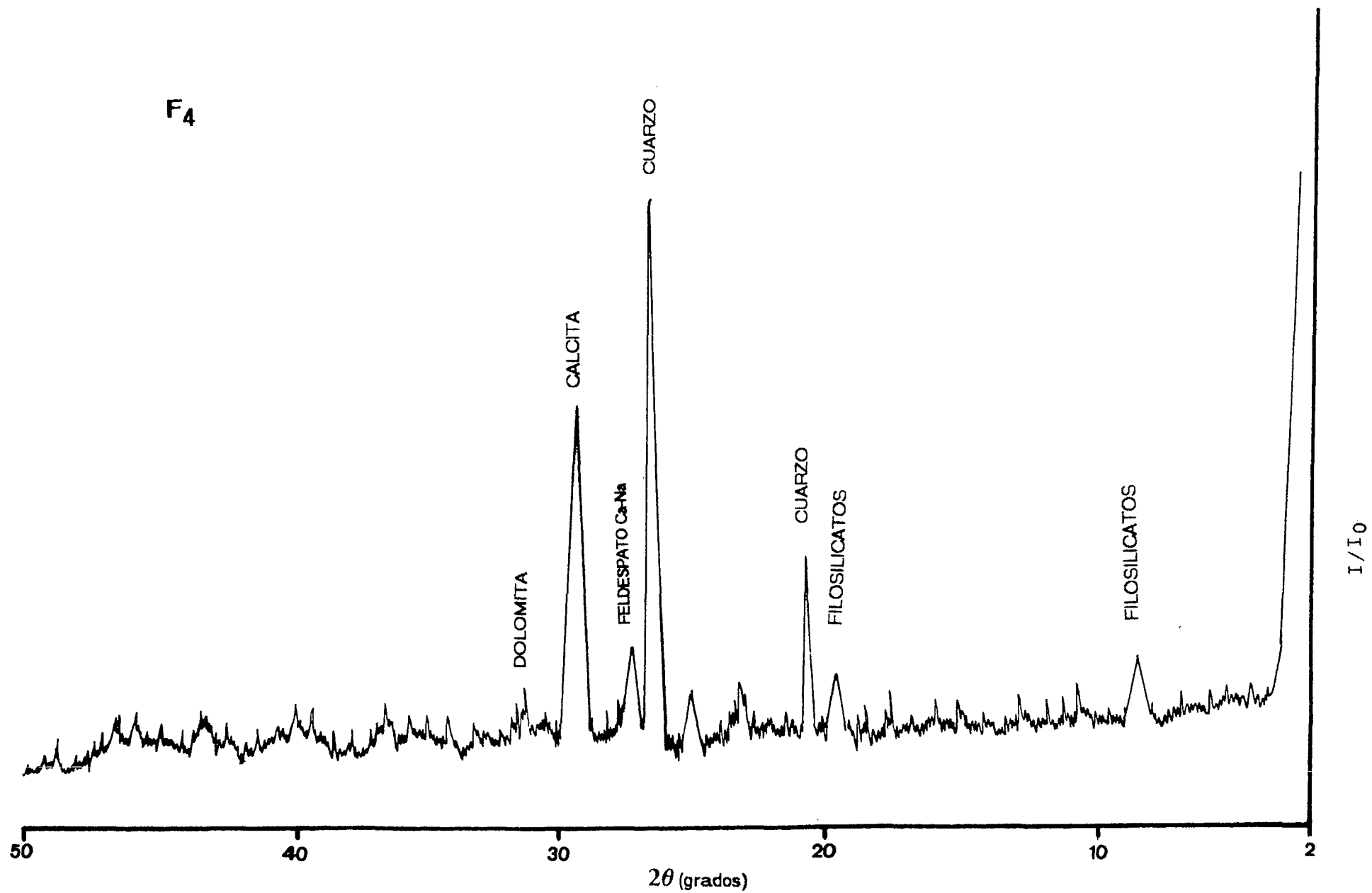
Br₃

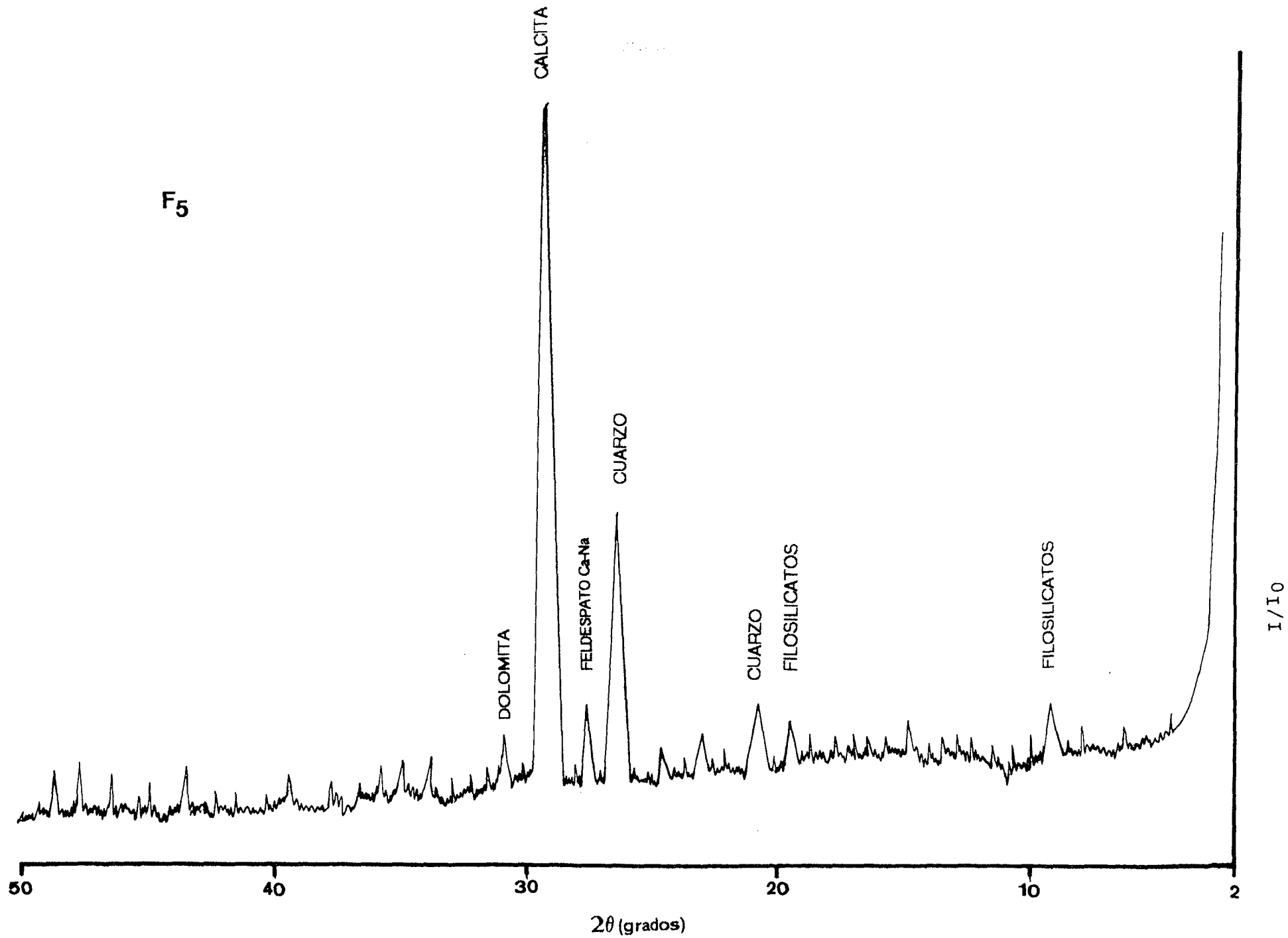


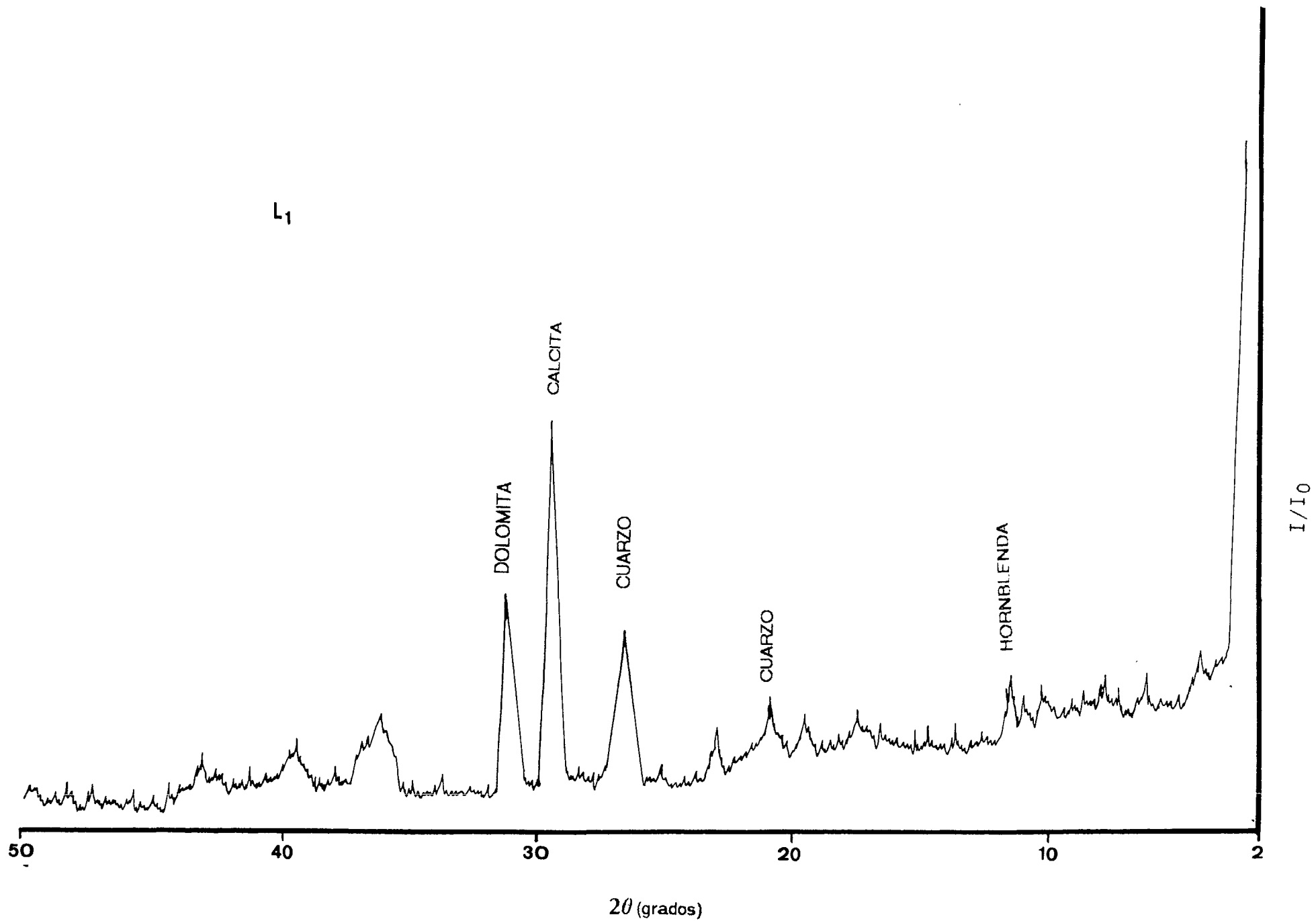


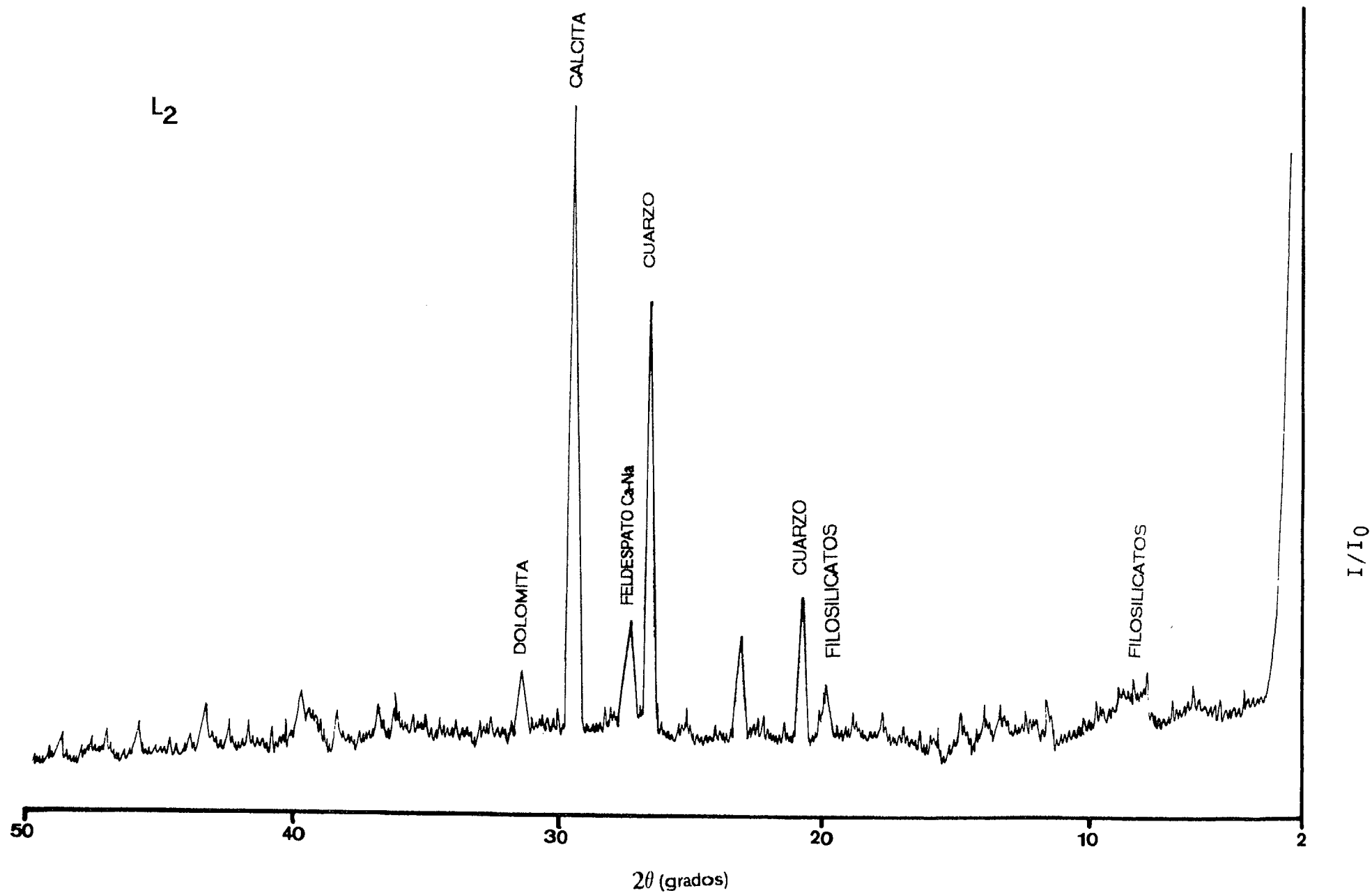


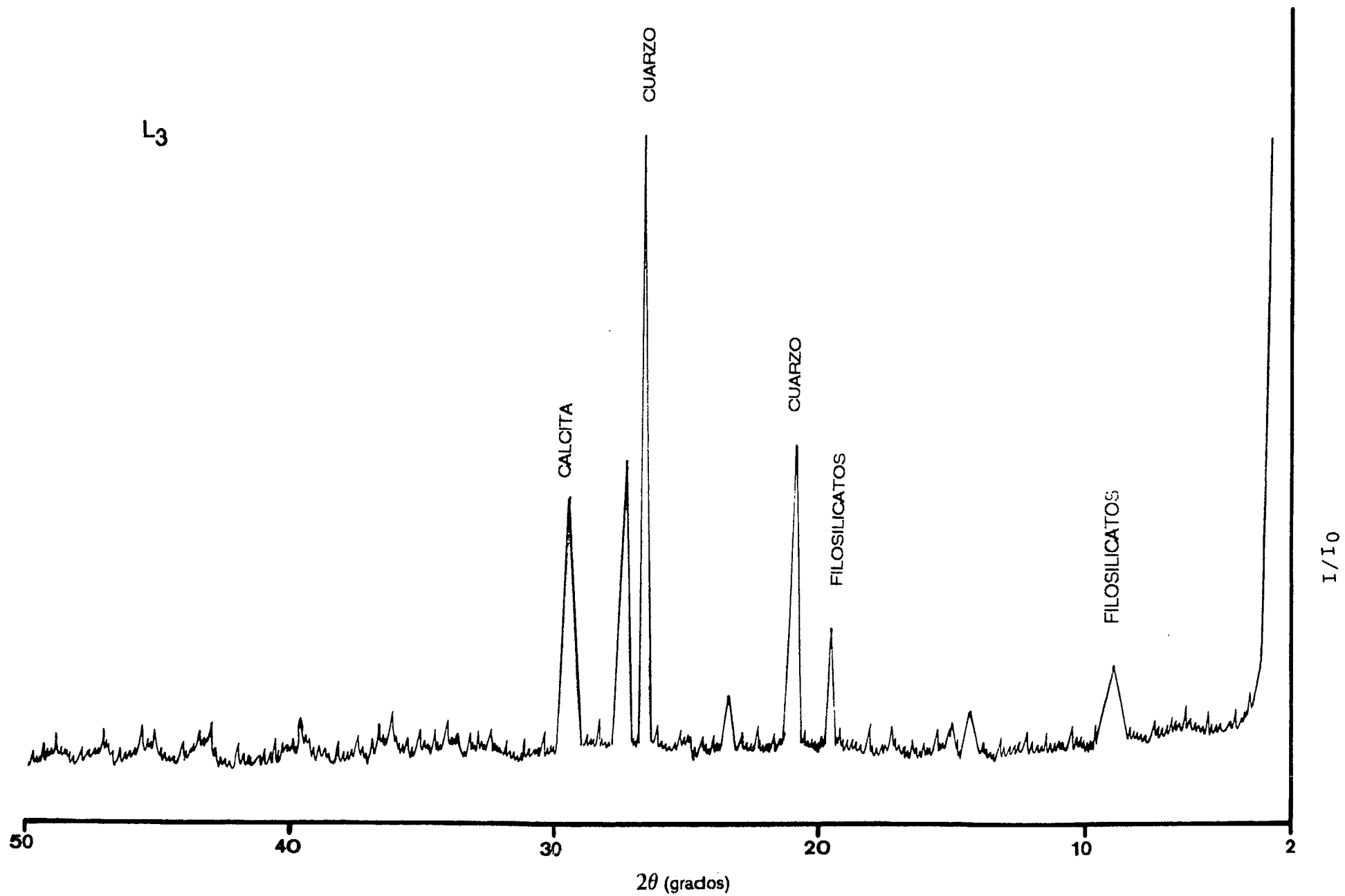


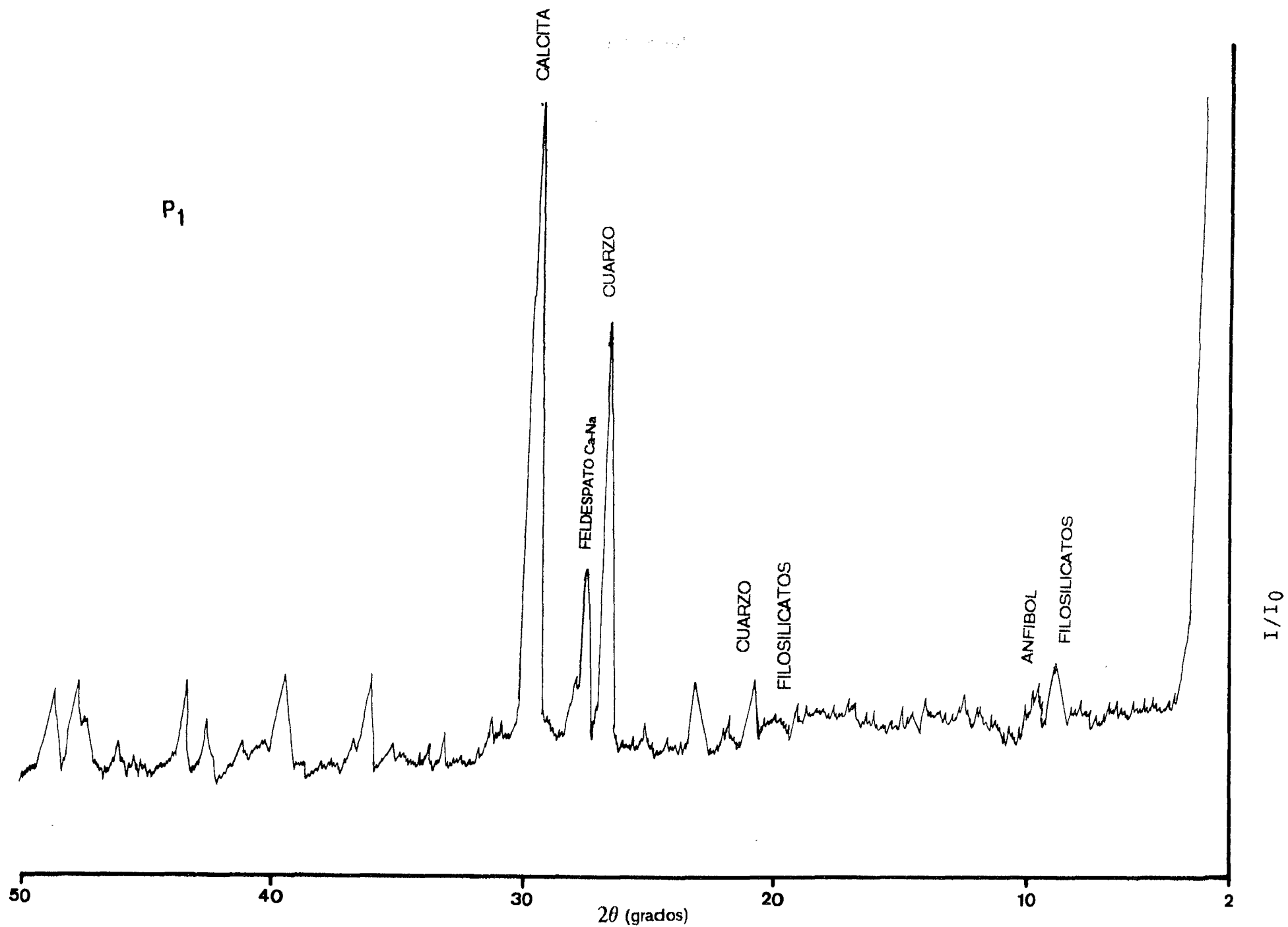


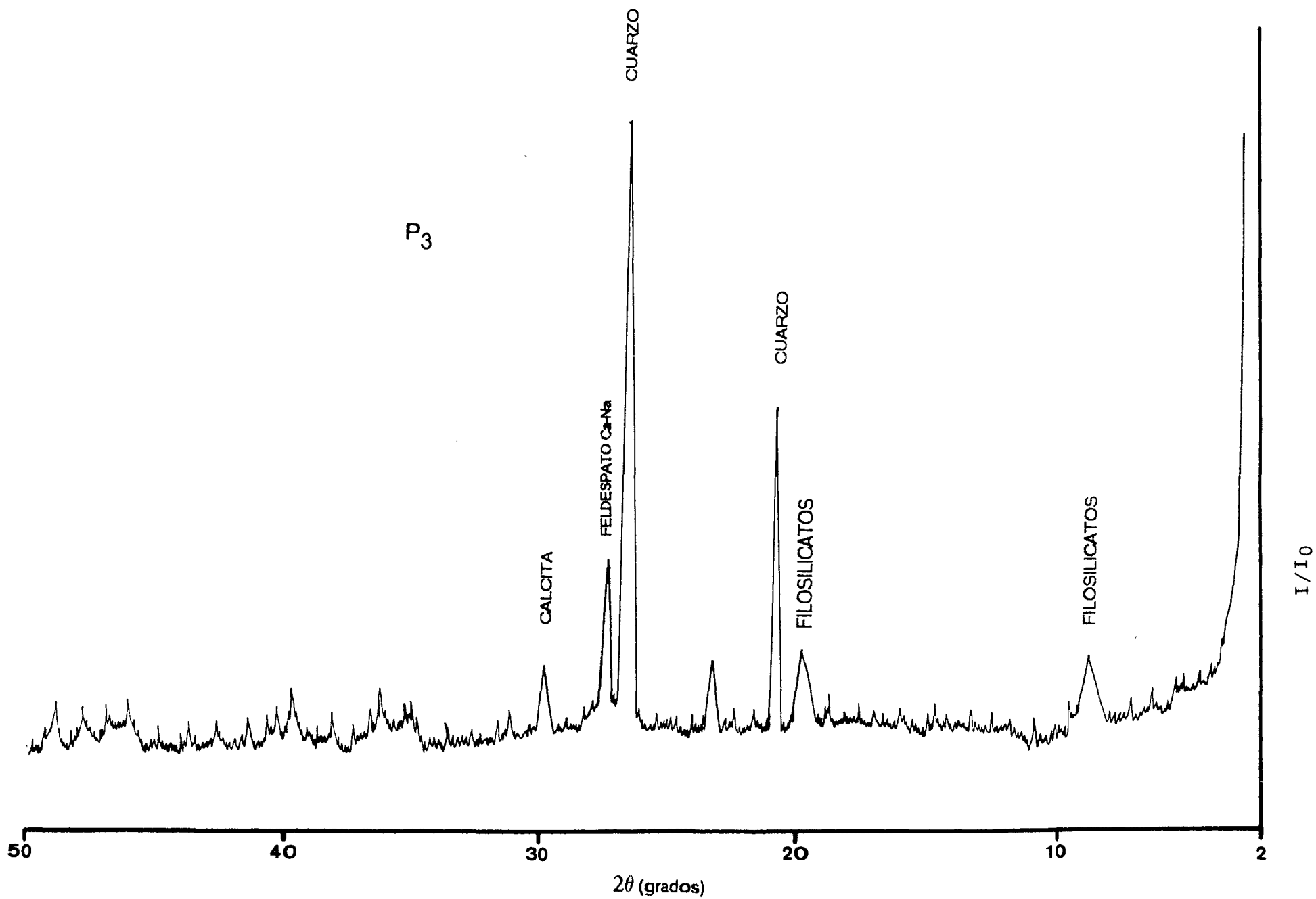


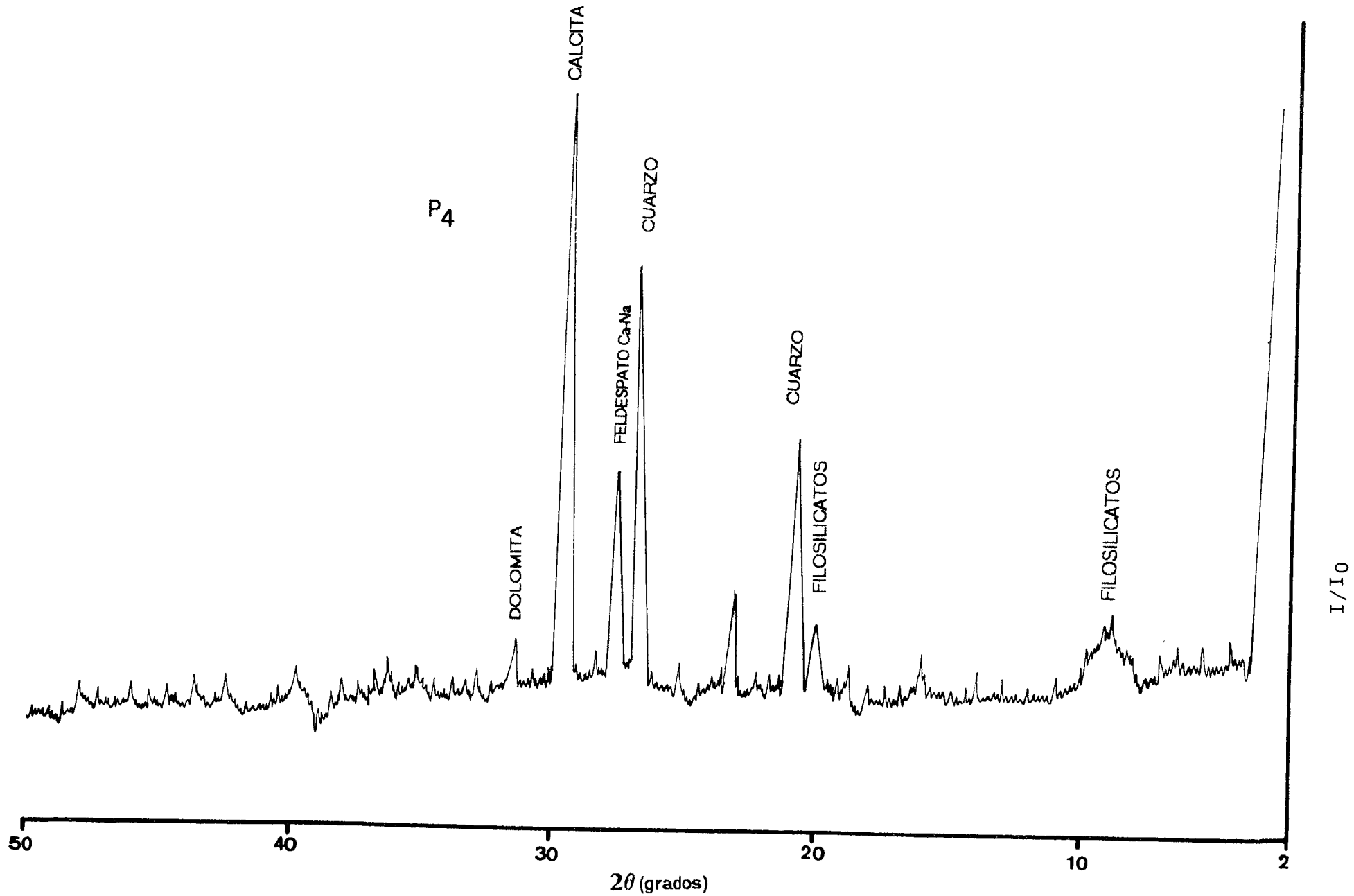


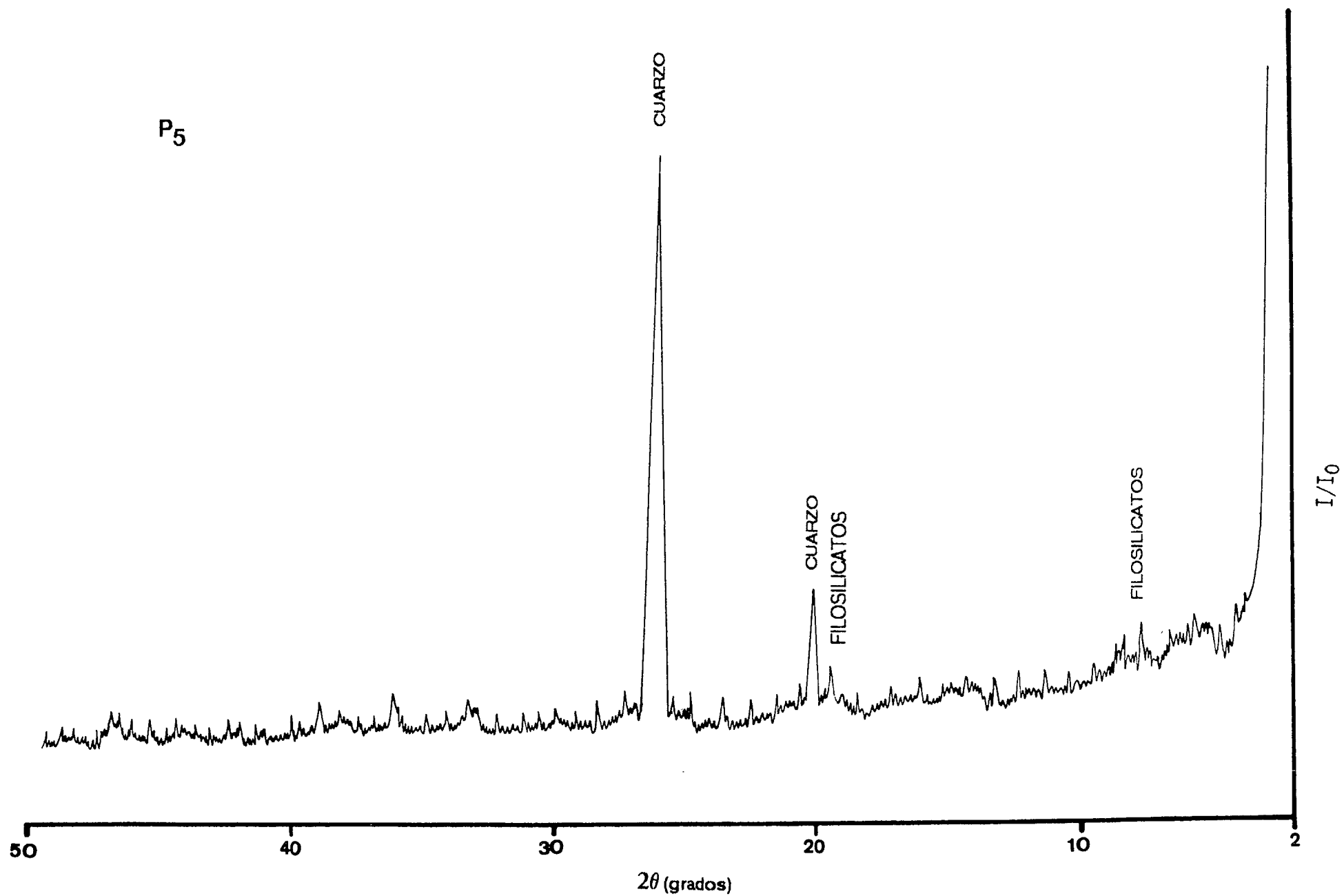


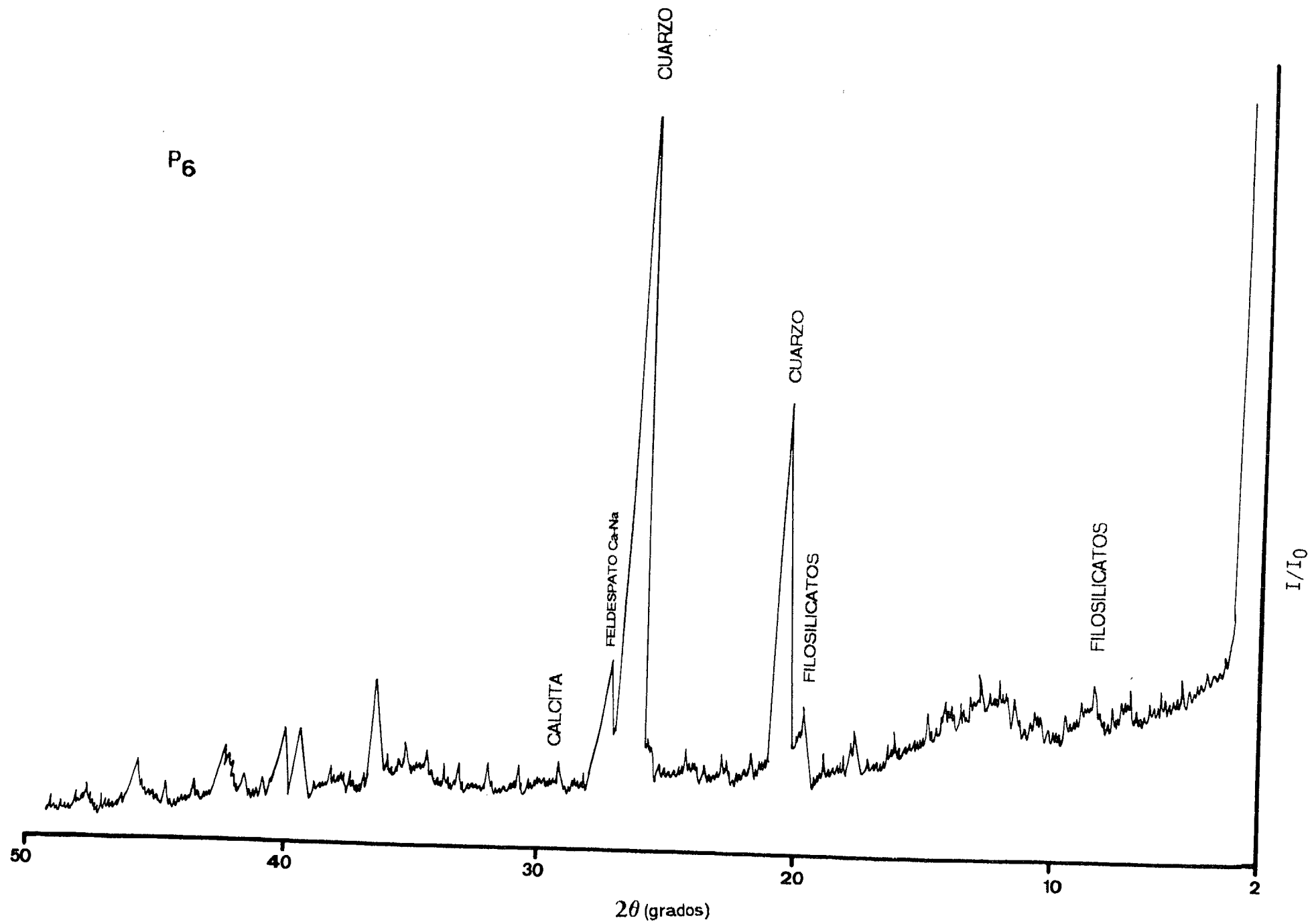


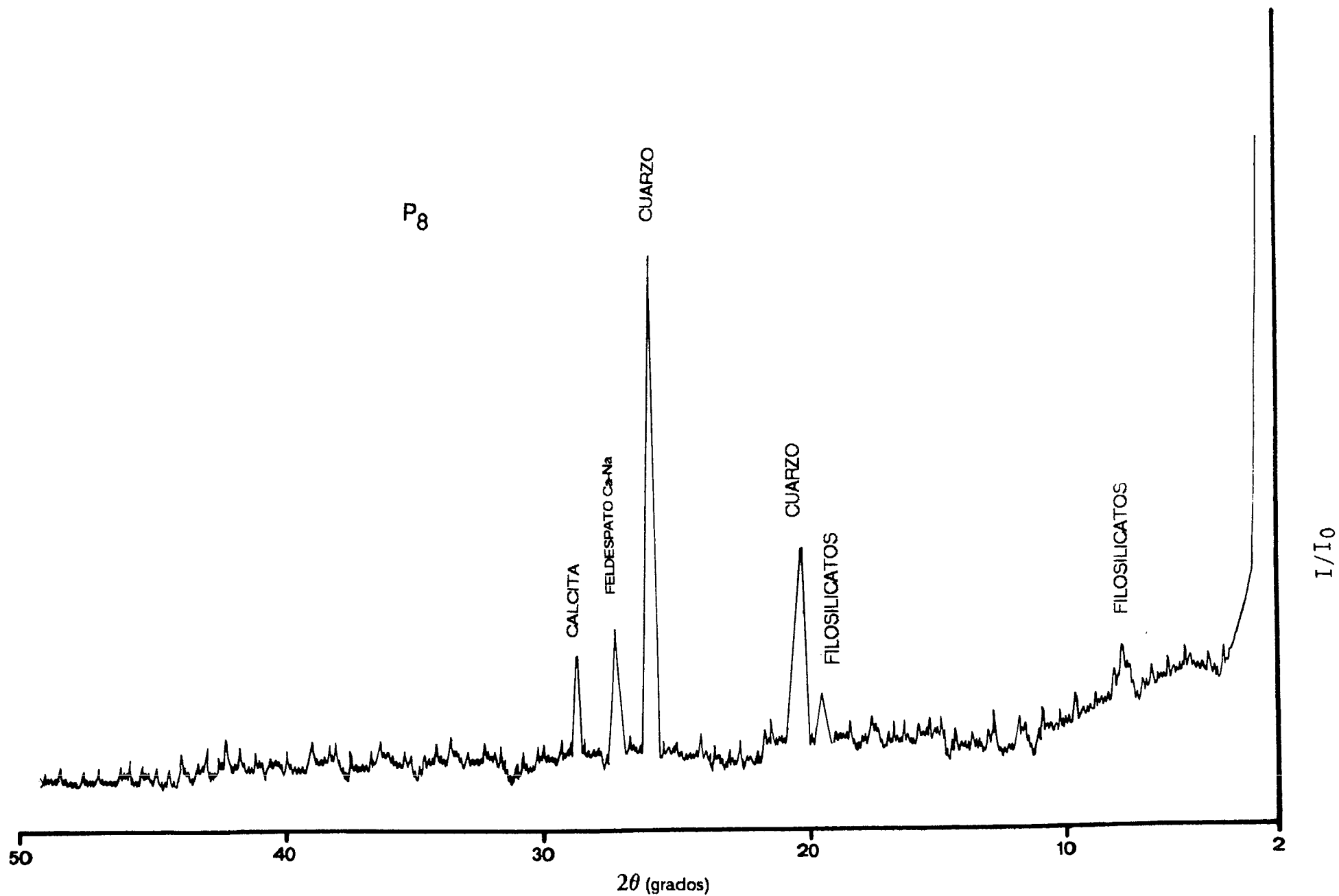


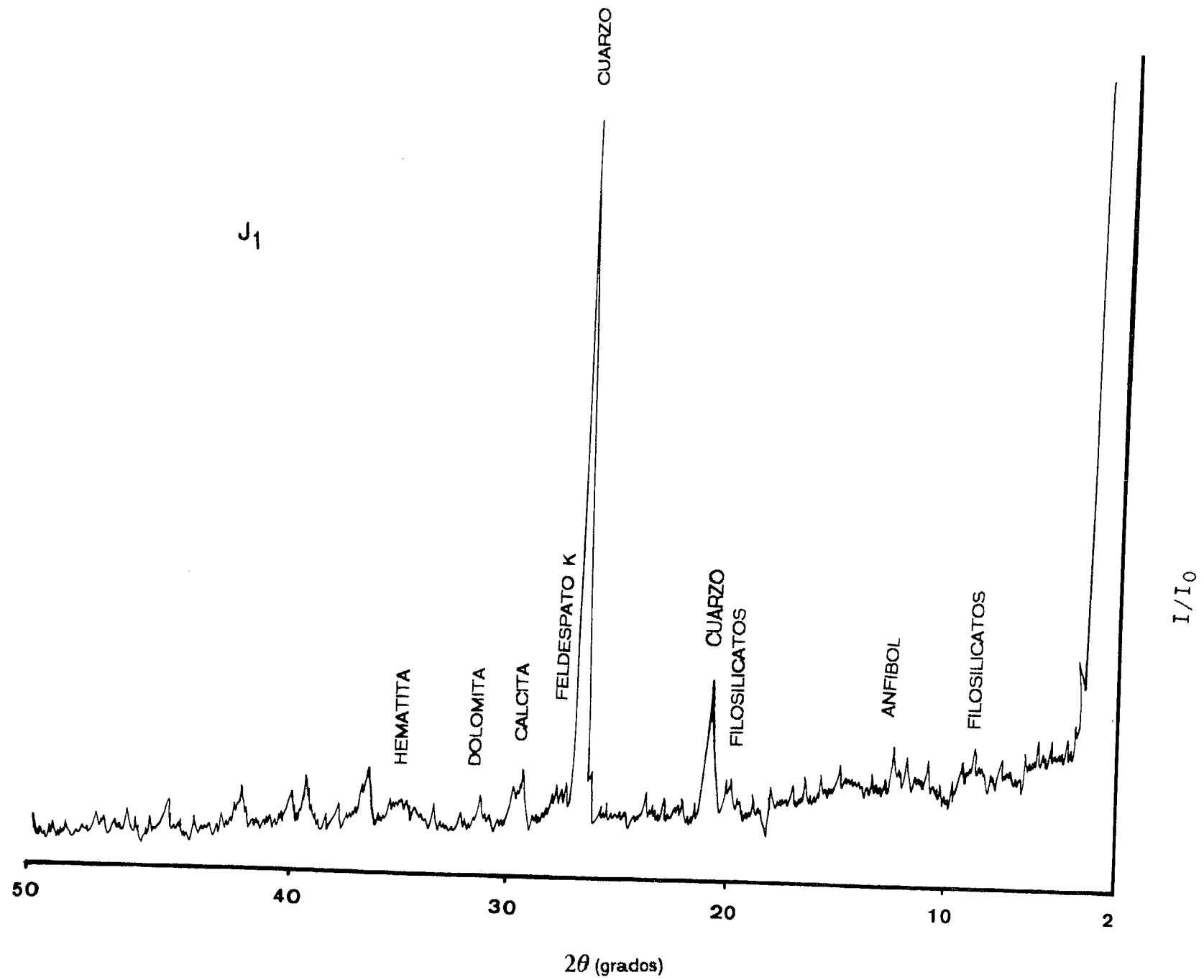


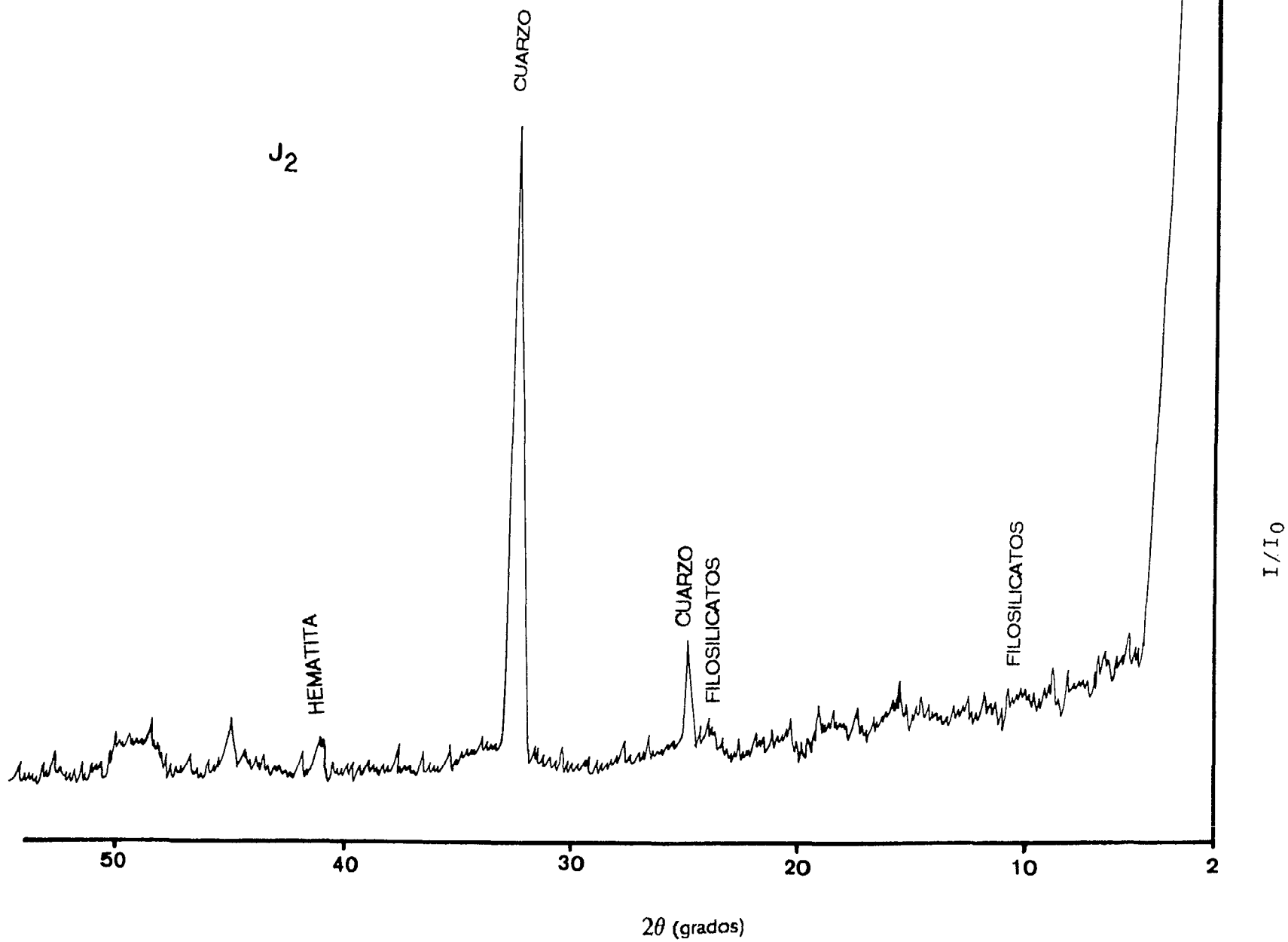


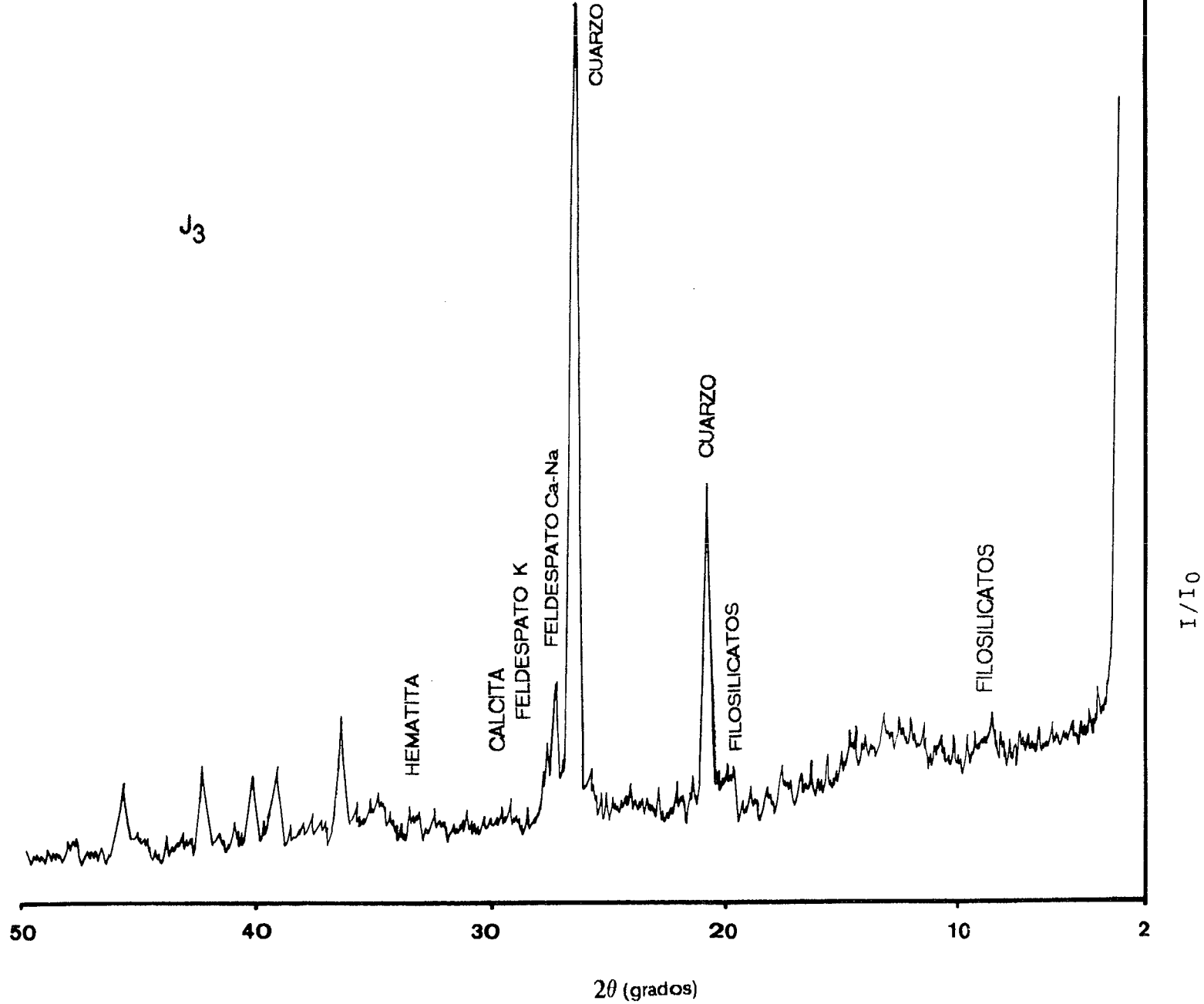




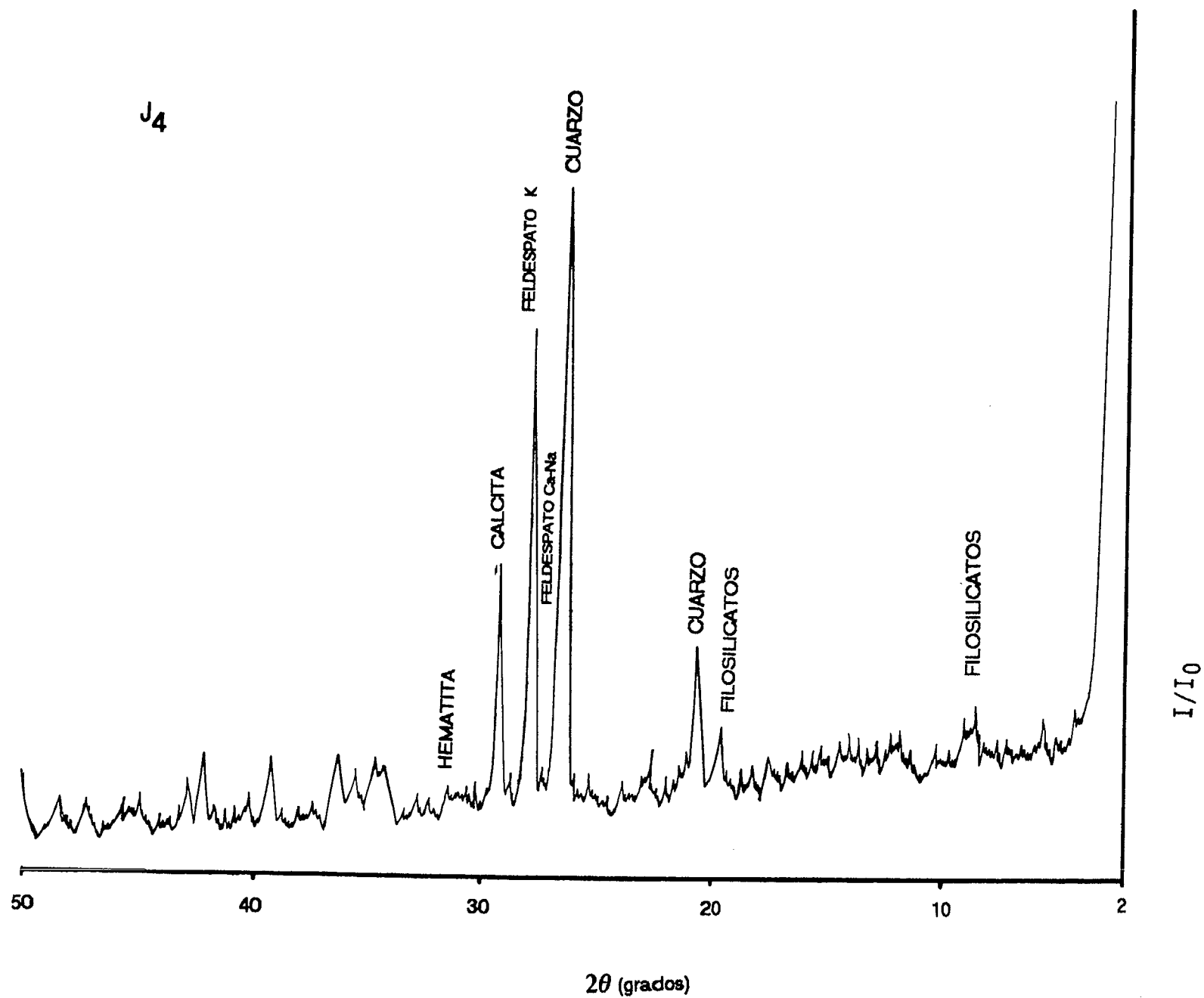


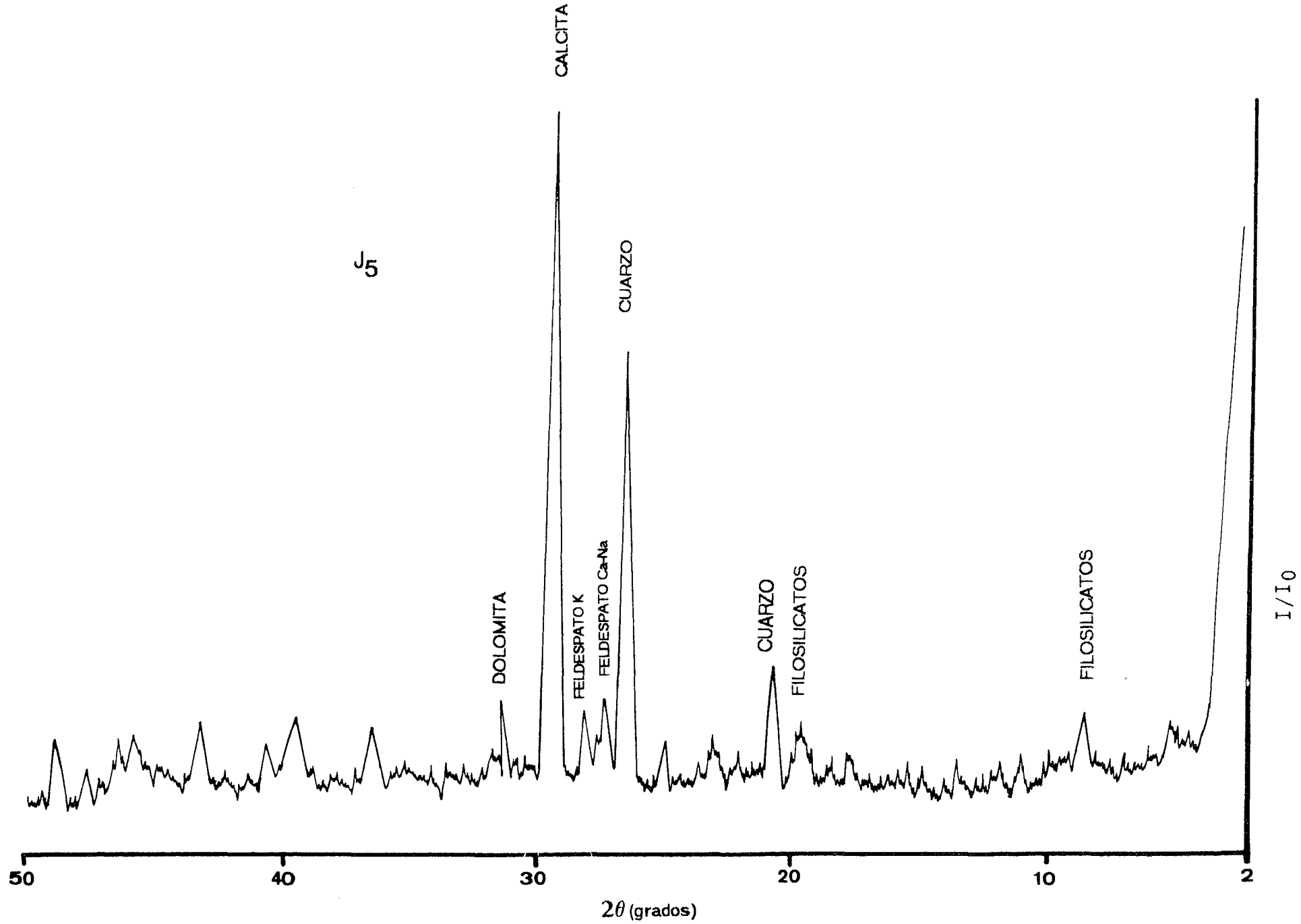






J₄





CALCITA

J₆

FELDESPATO Ca-Na

CUARZO

CUARZO

FILOSILICATOS

FILOSILICATOS

50

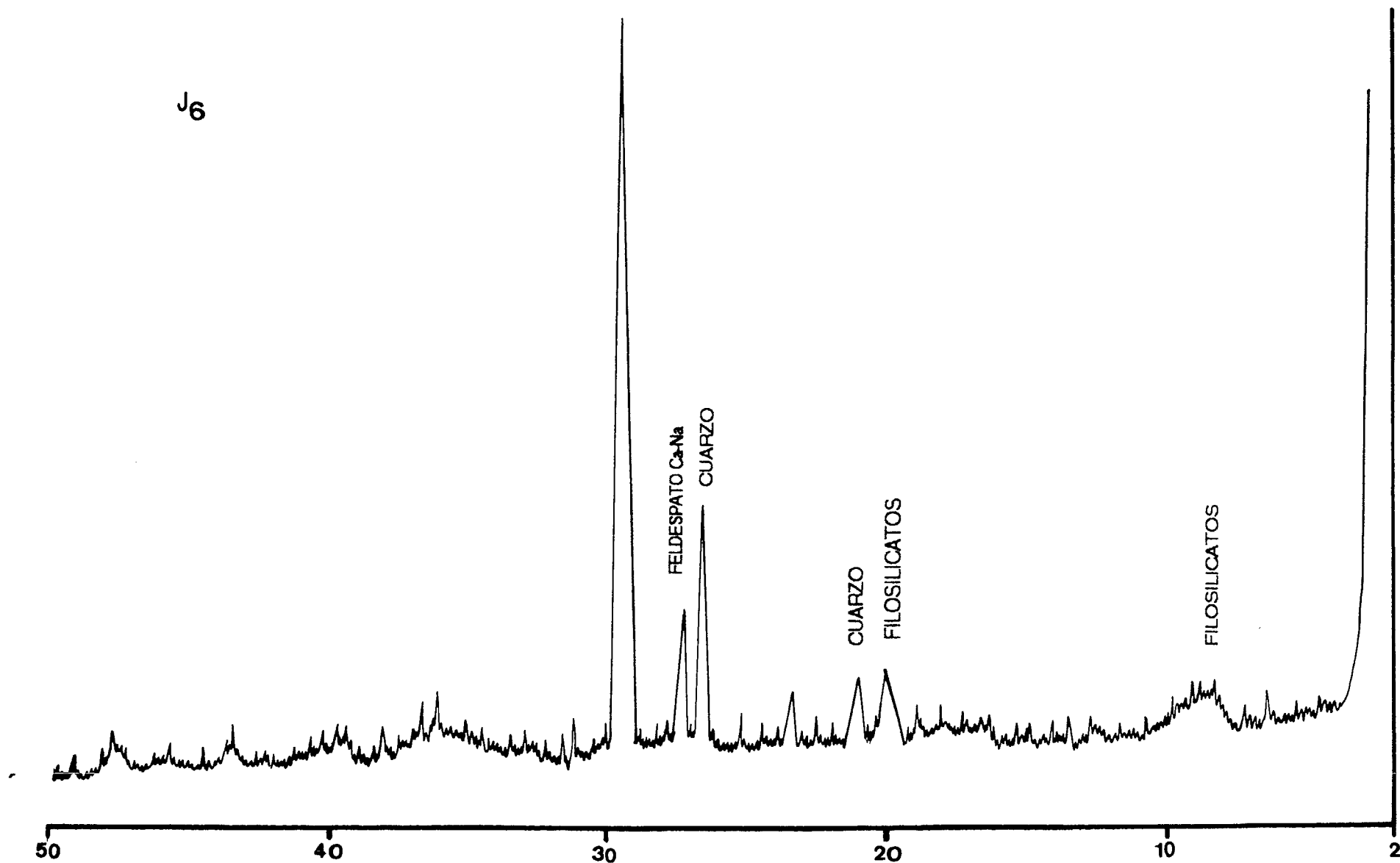
40

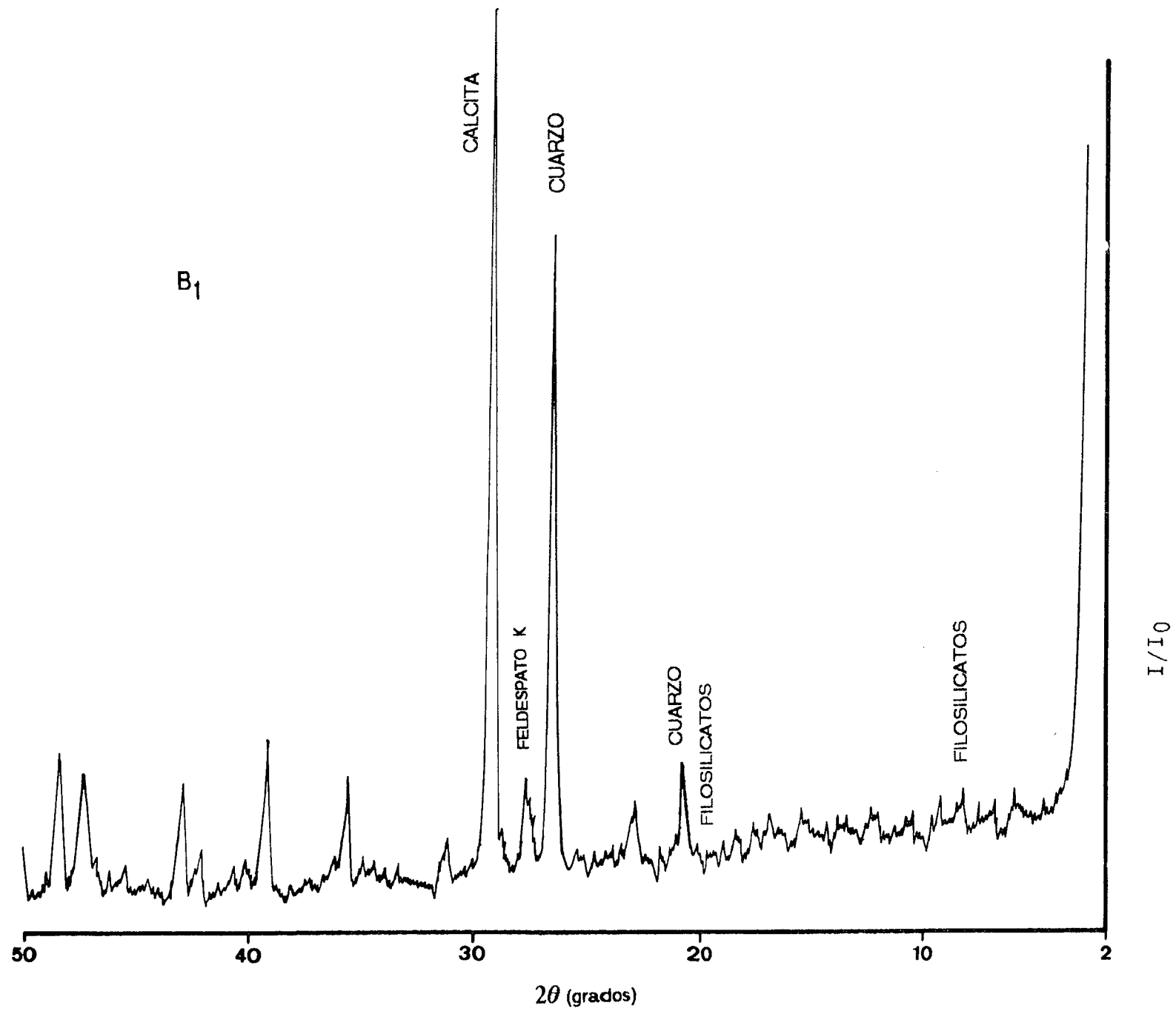
30

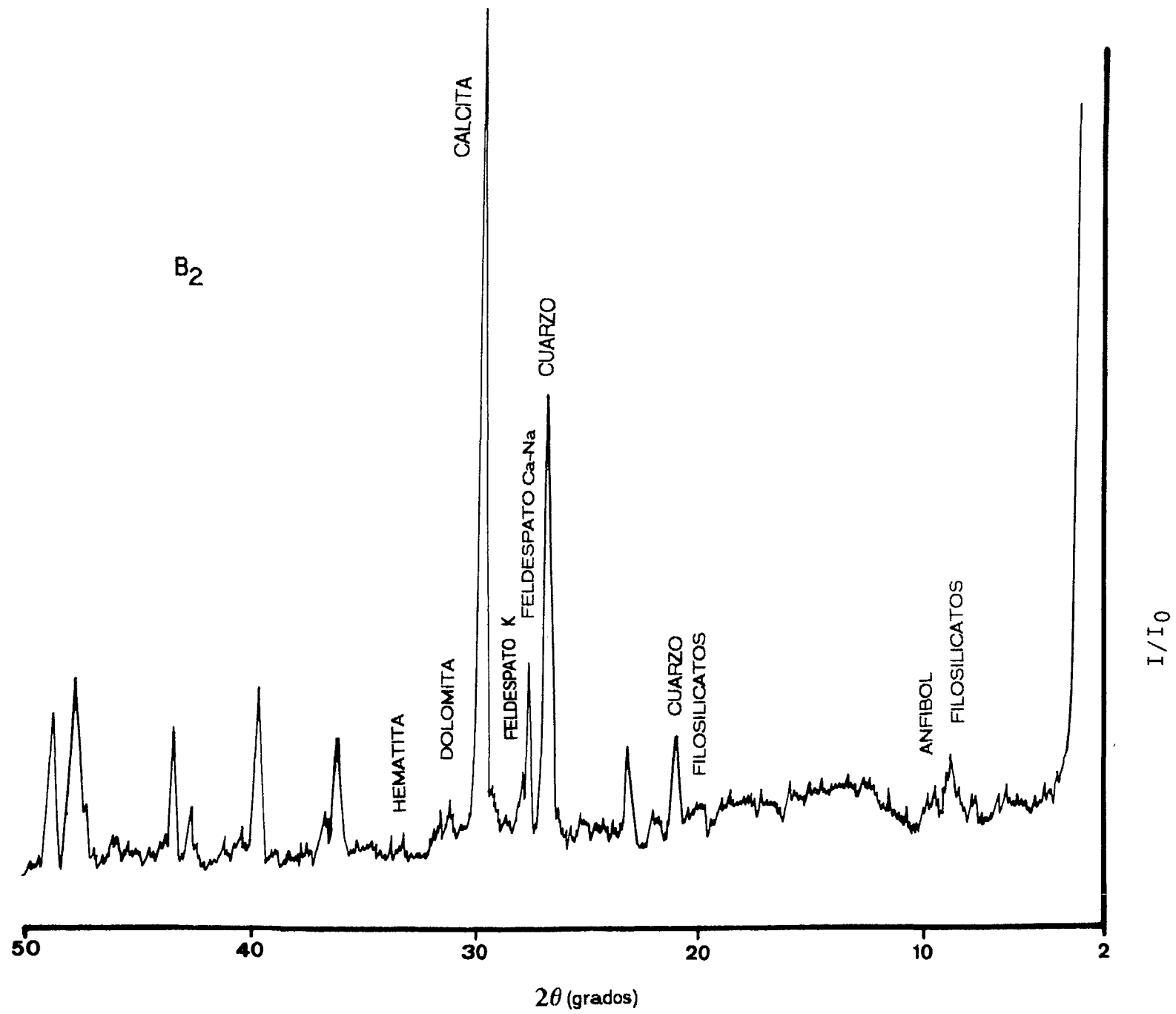
20

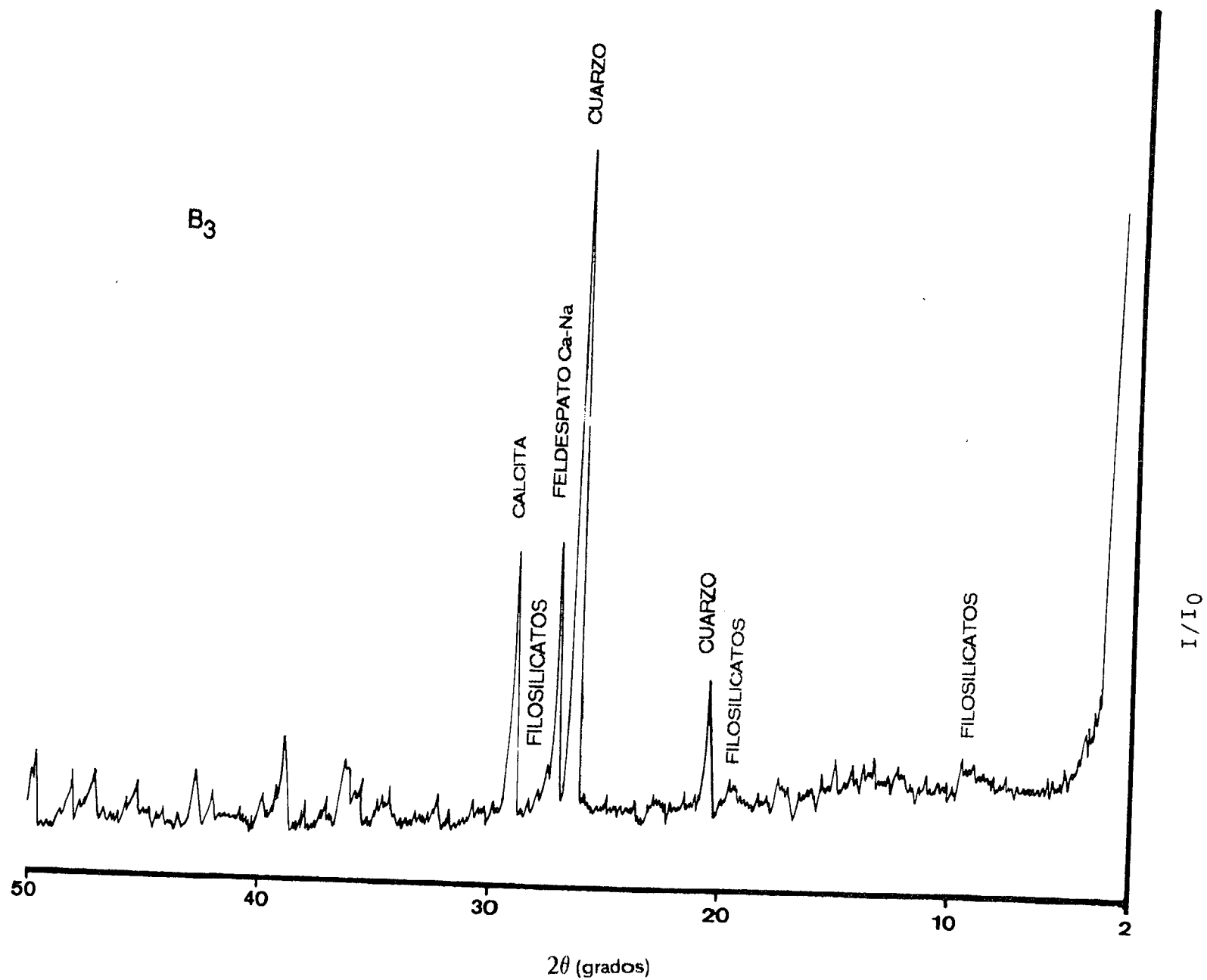
10

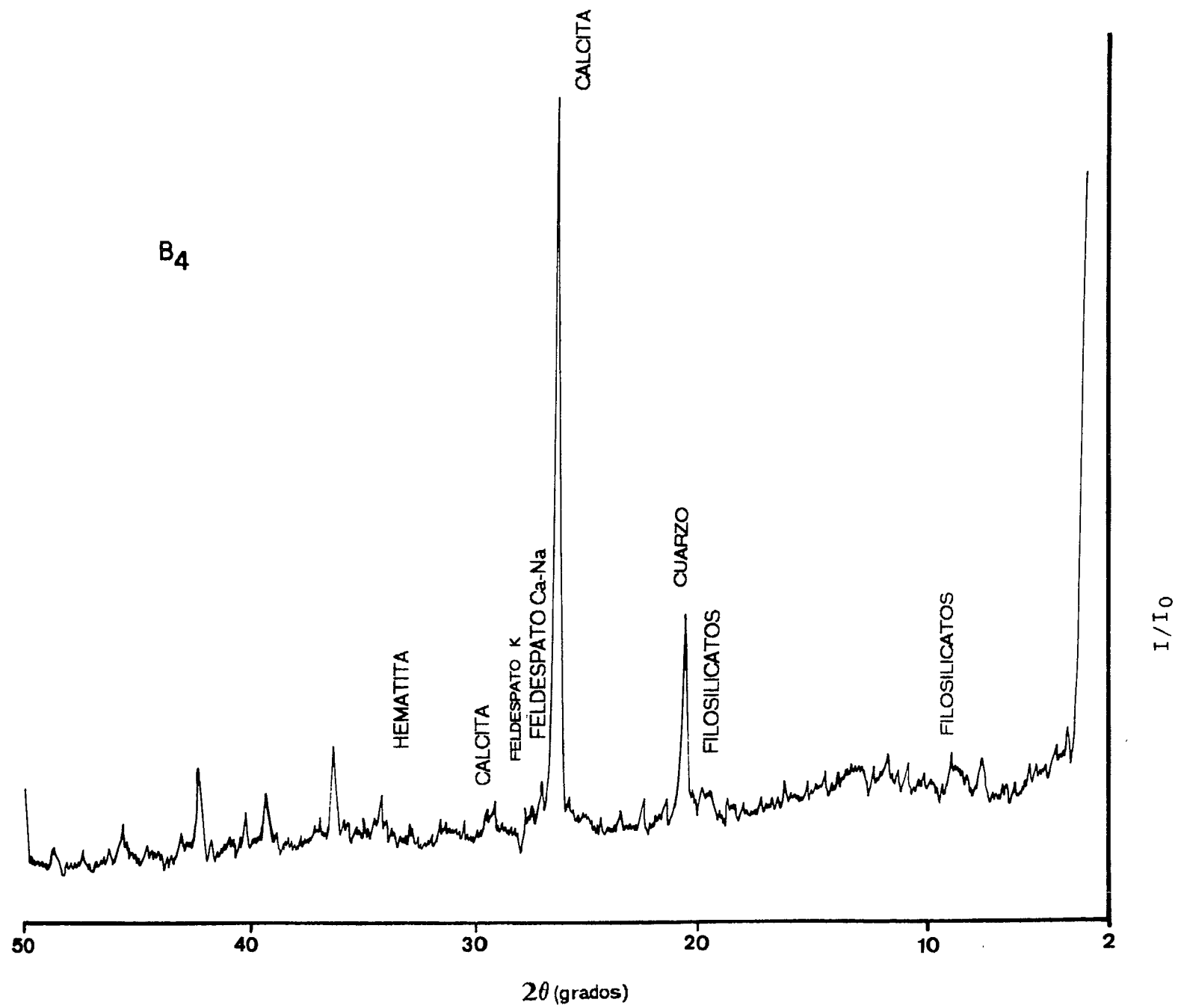
2

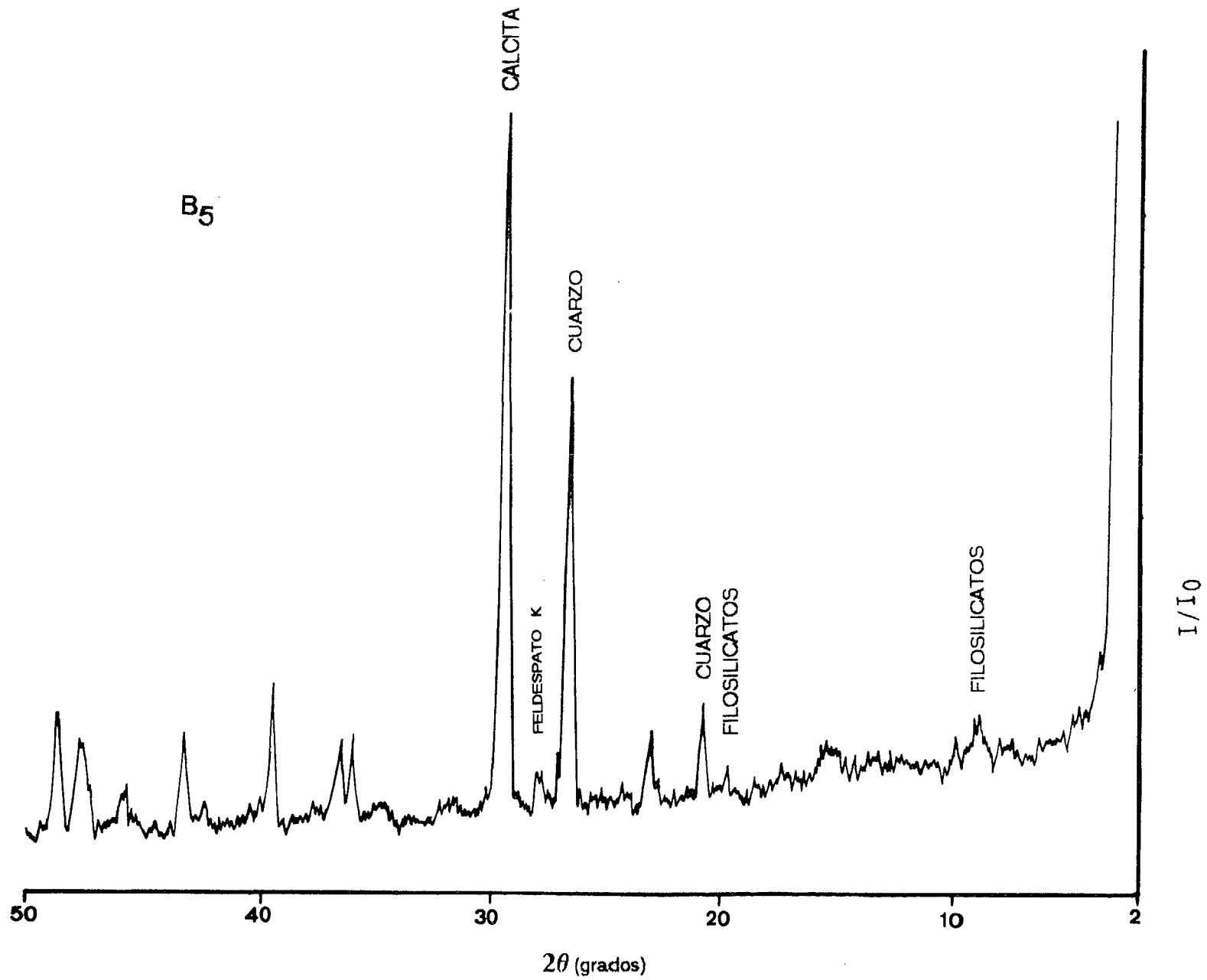


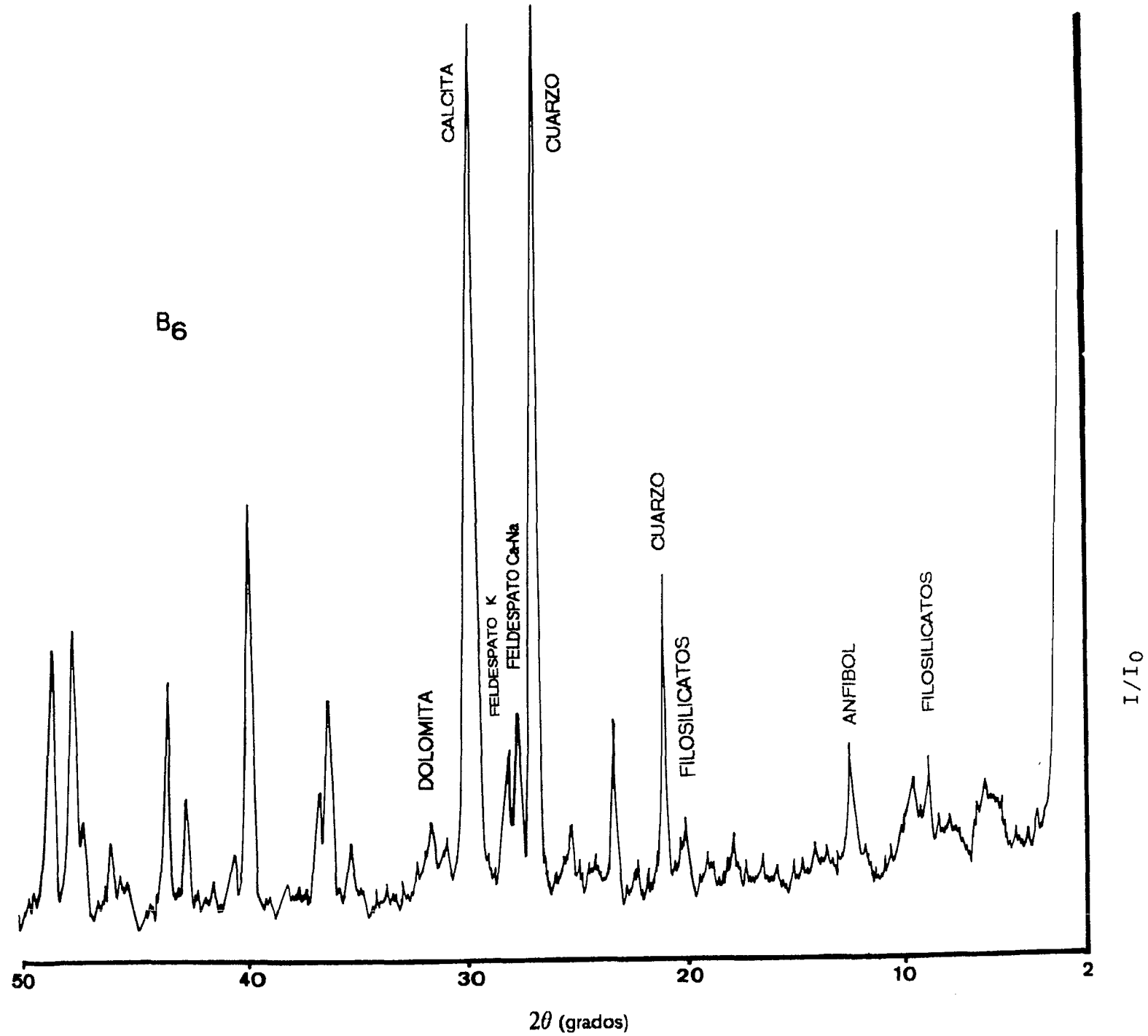


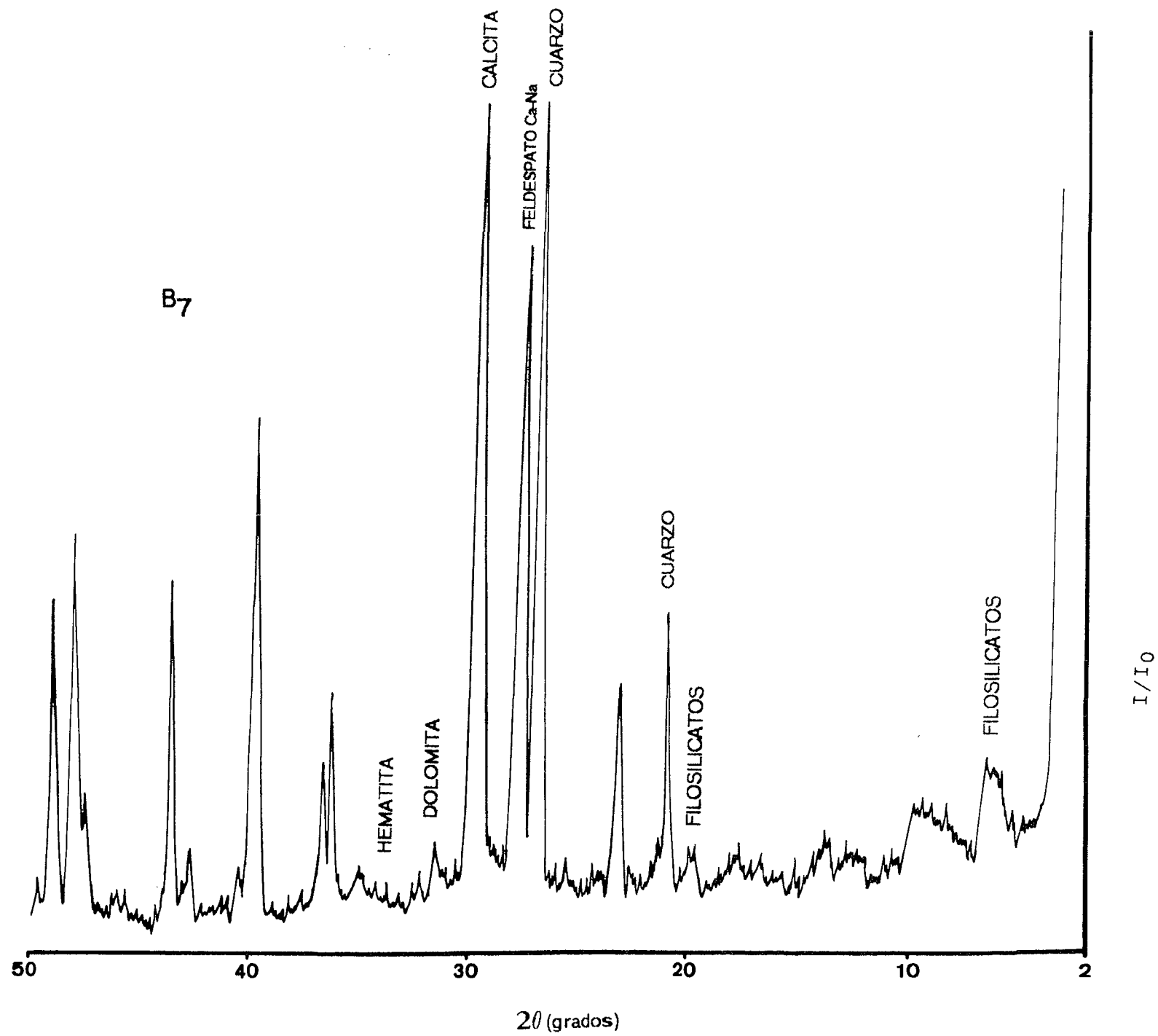


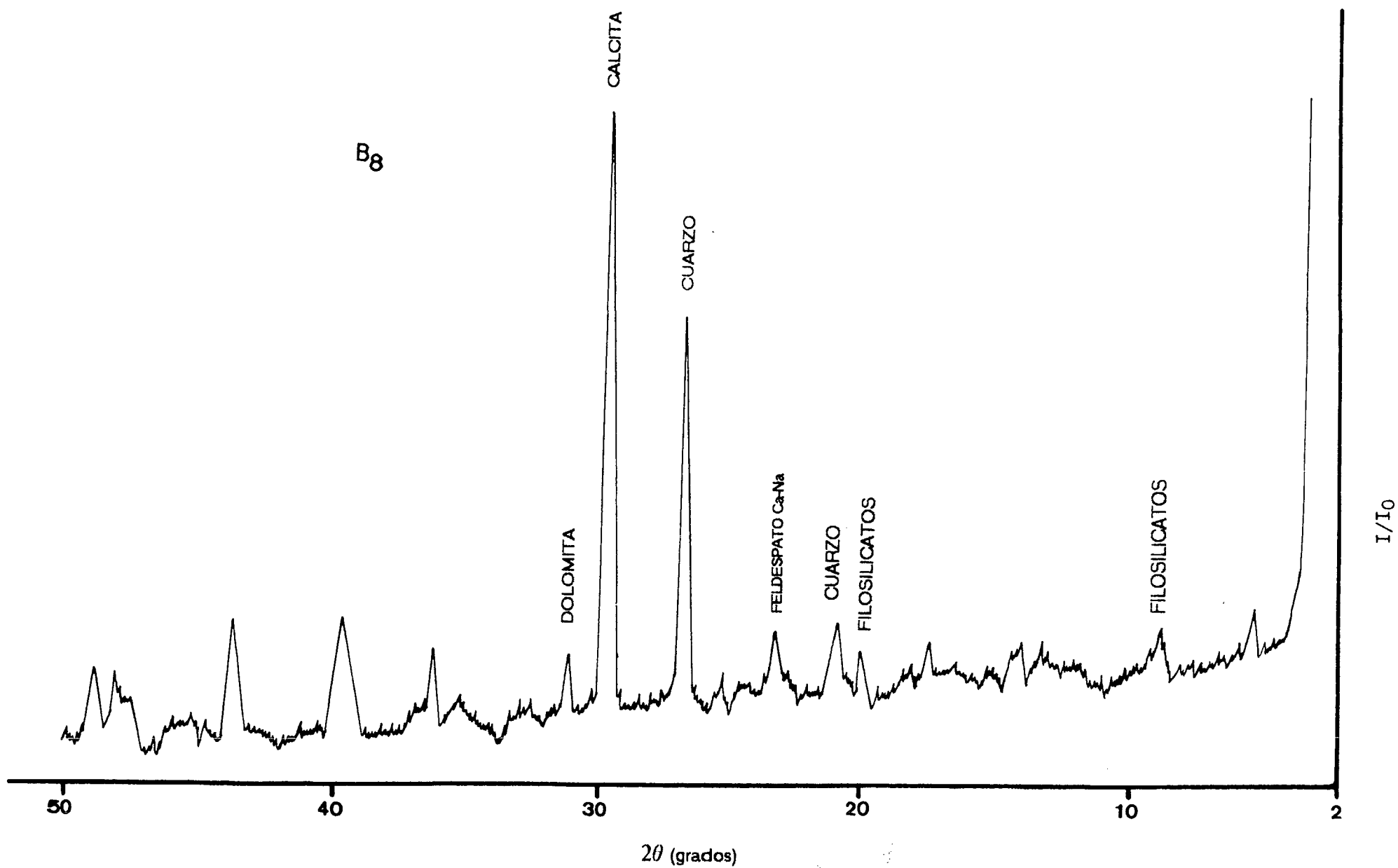


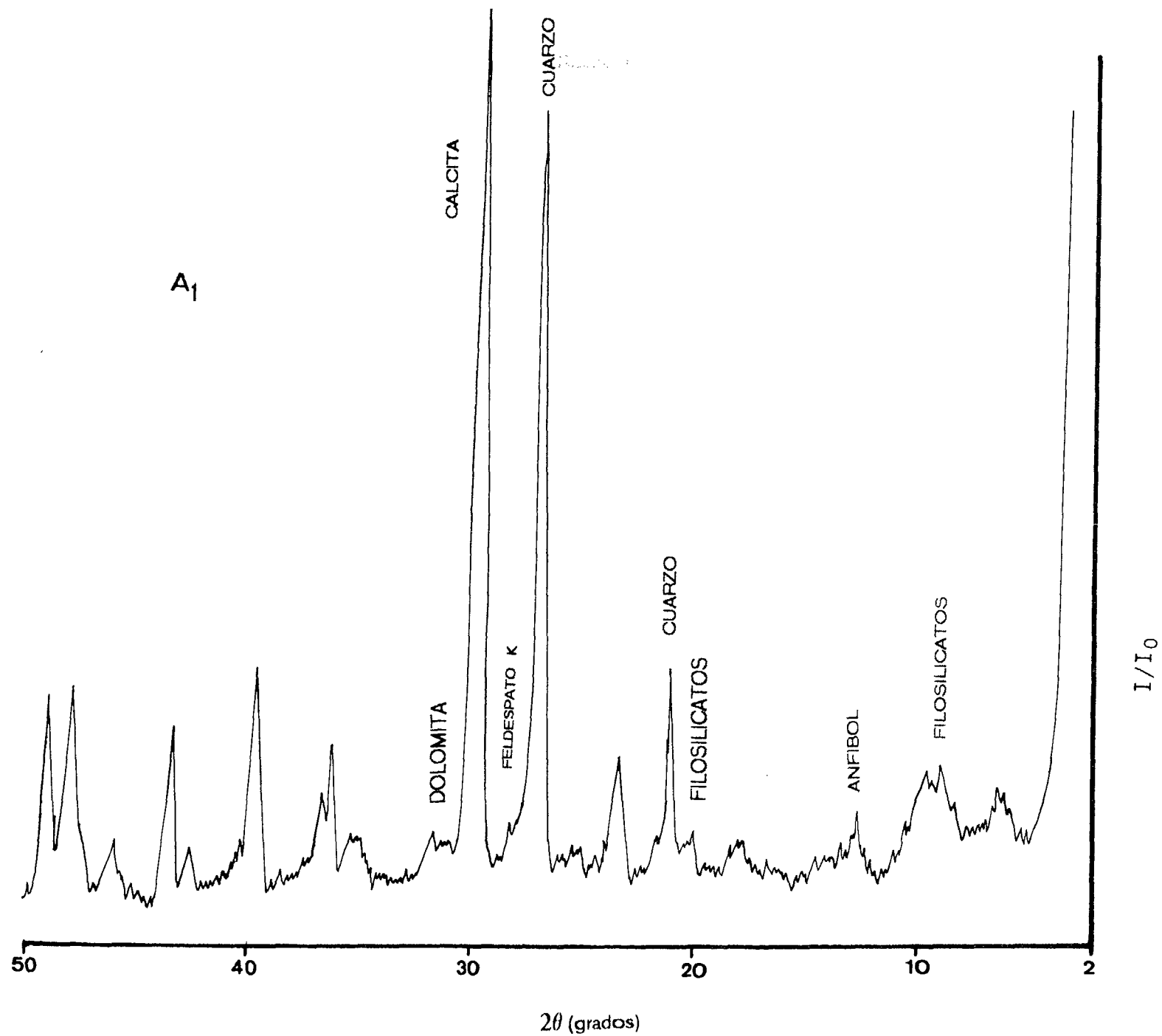


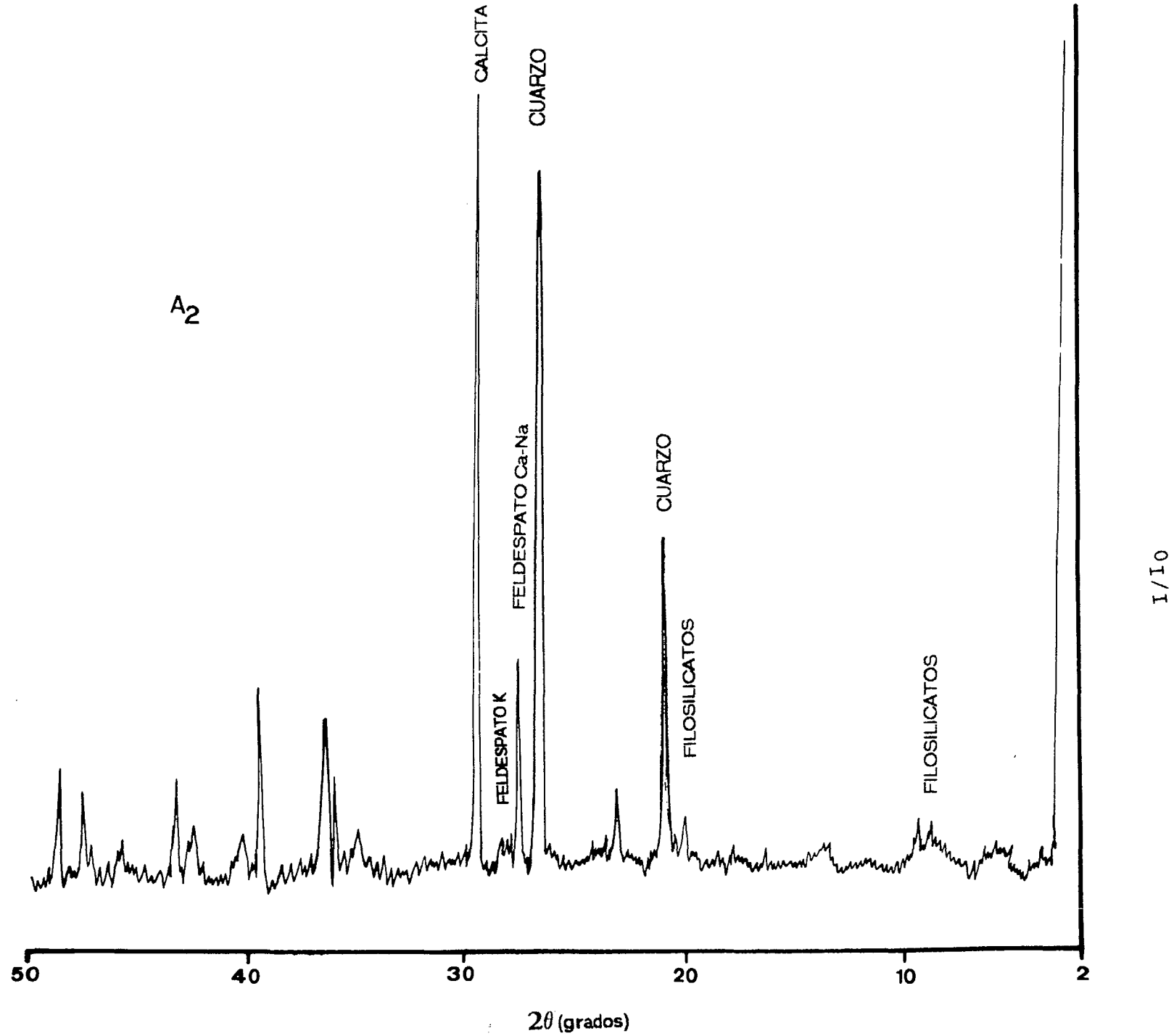


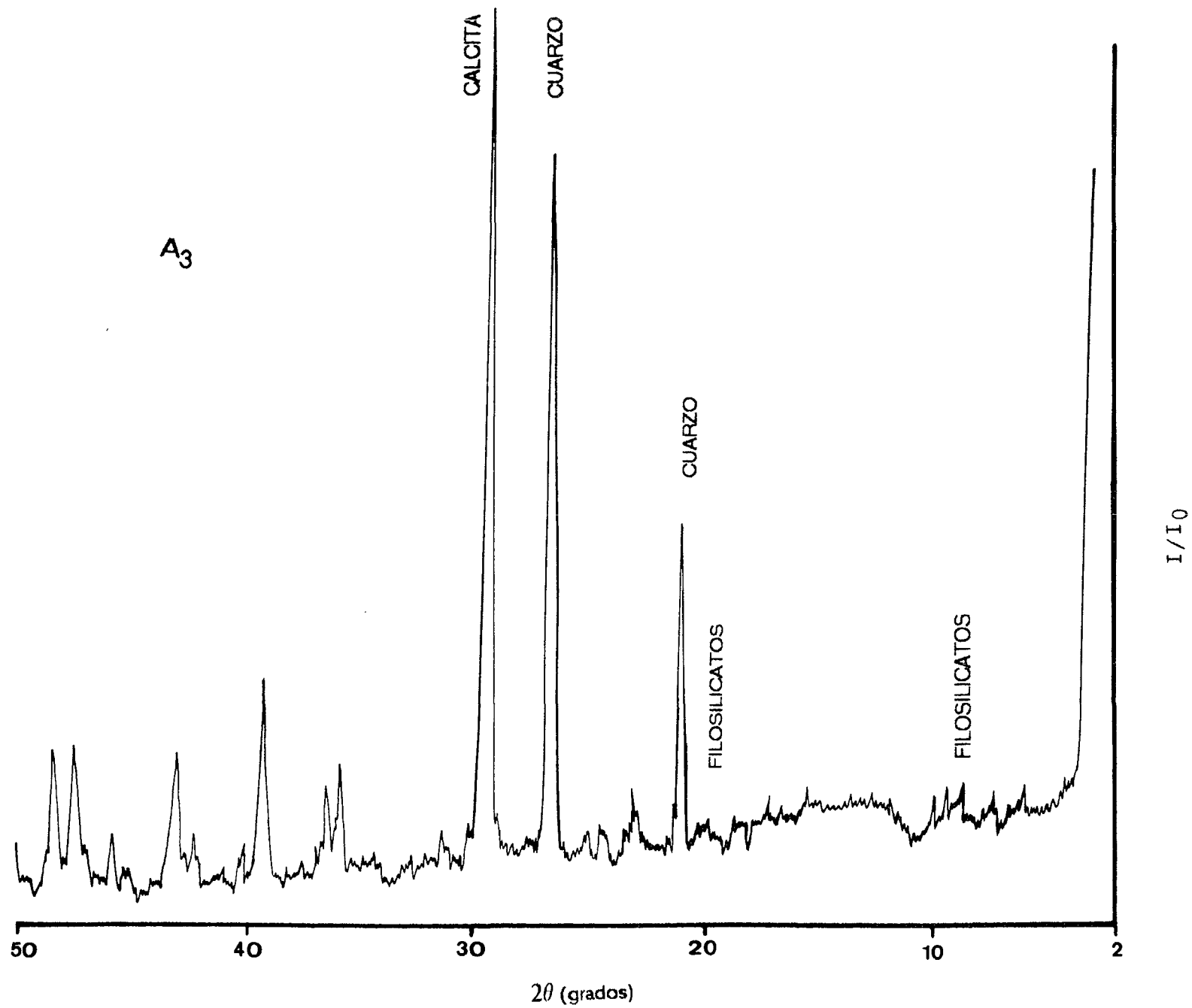


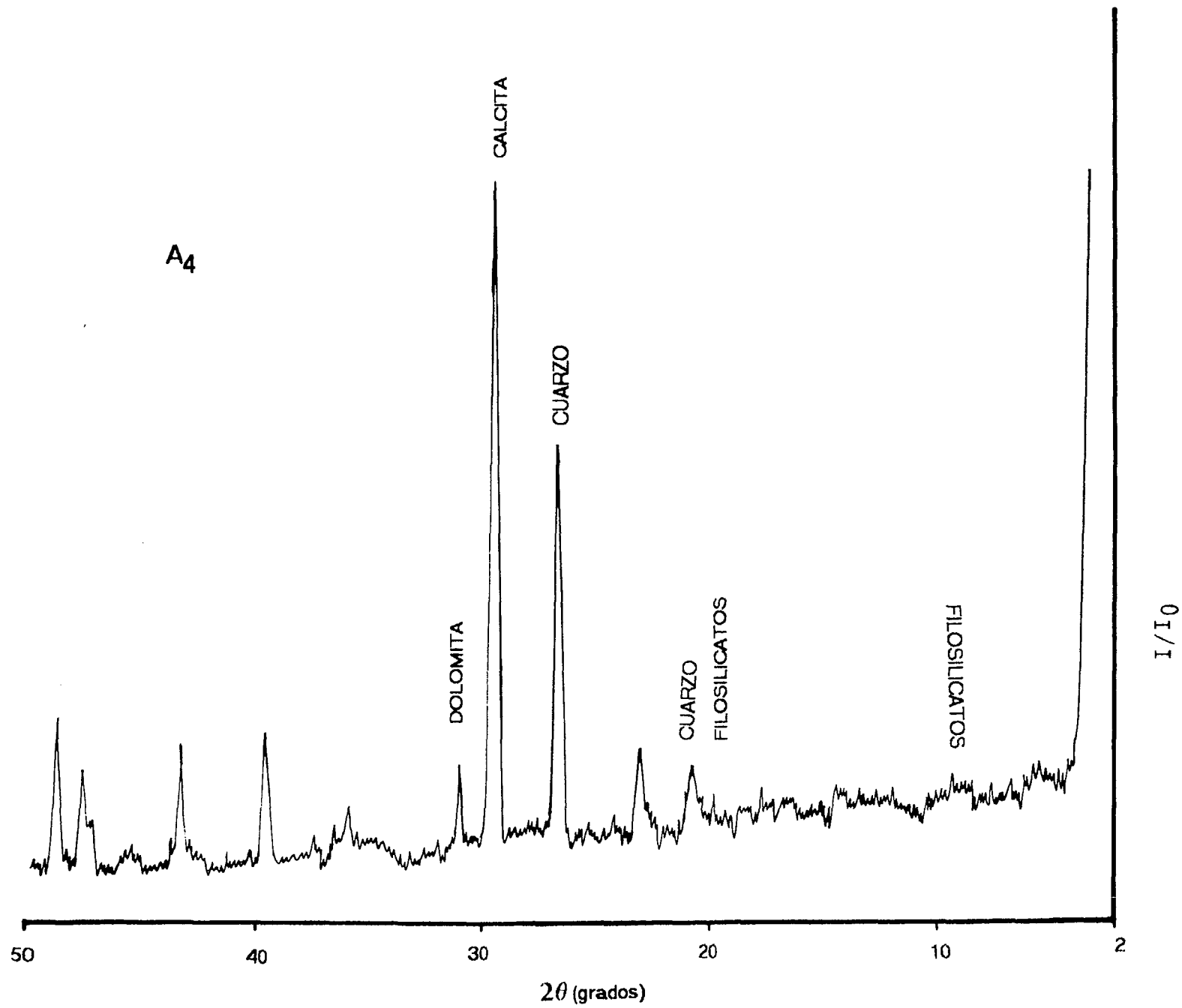


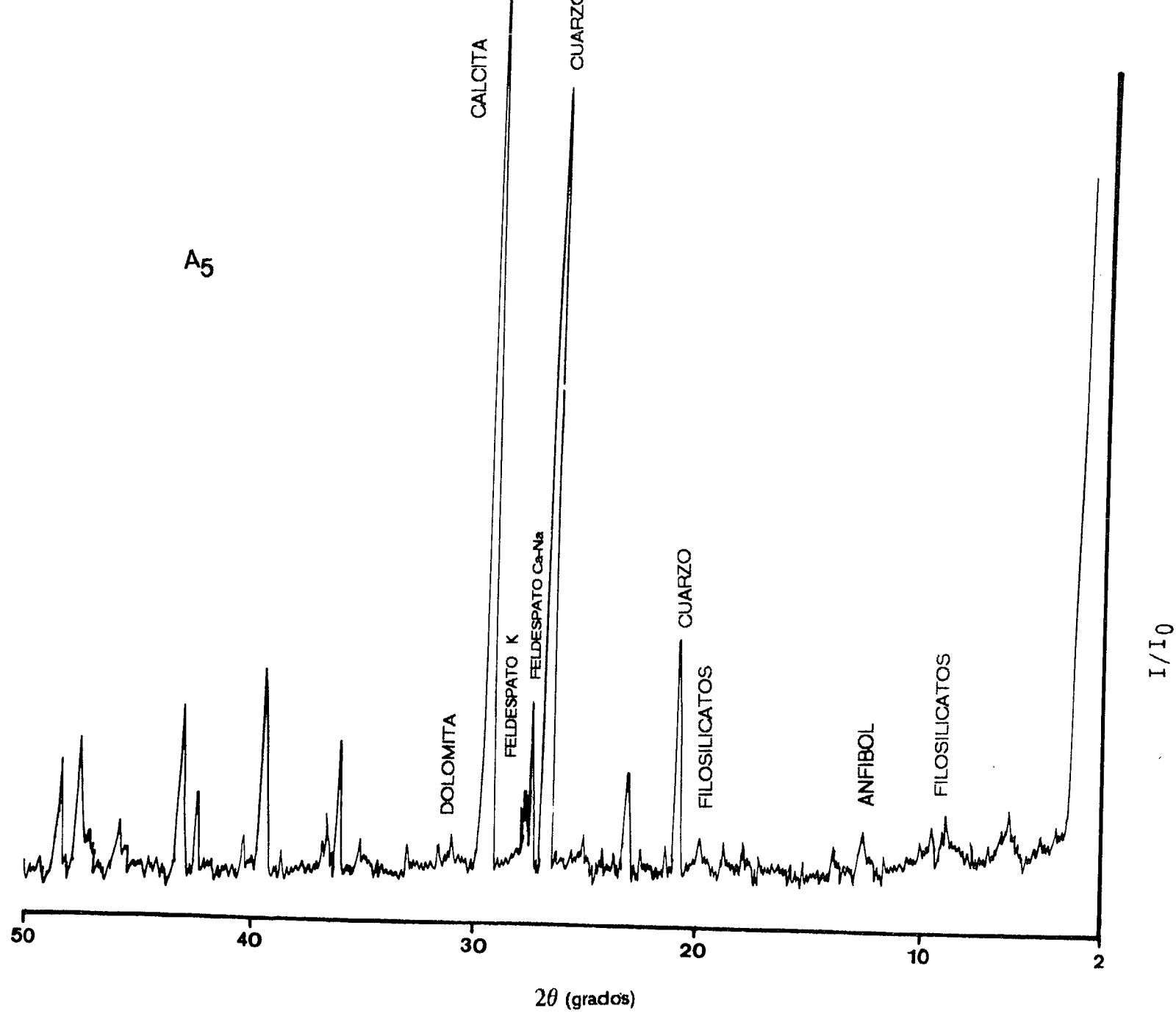


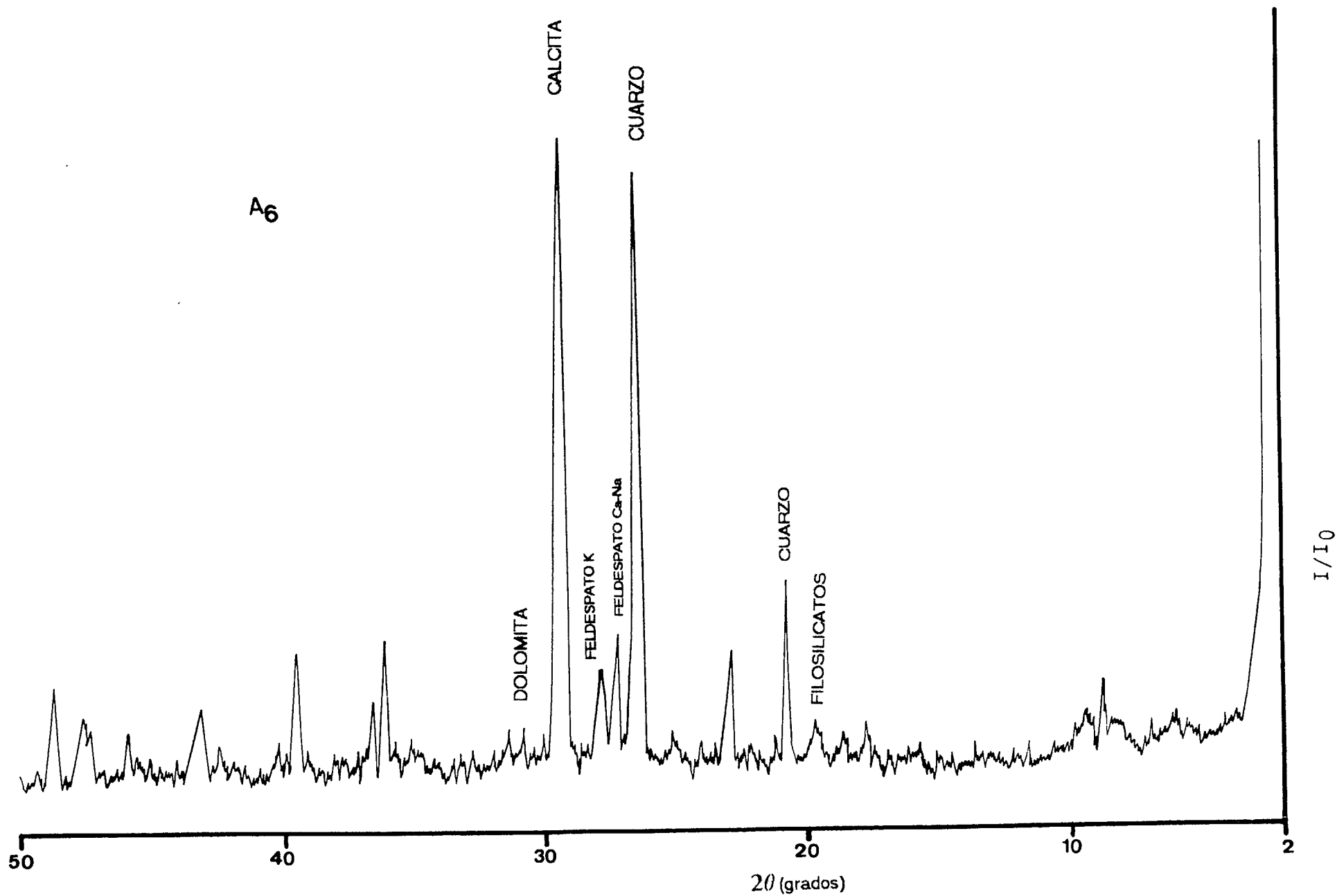


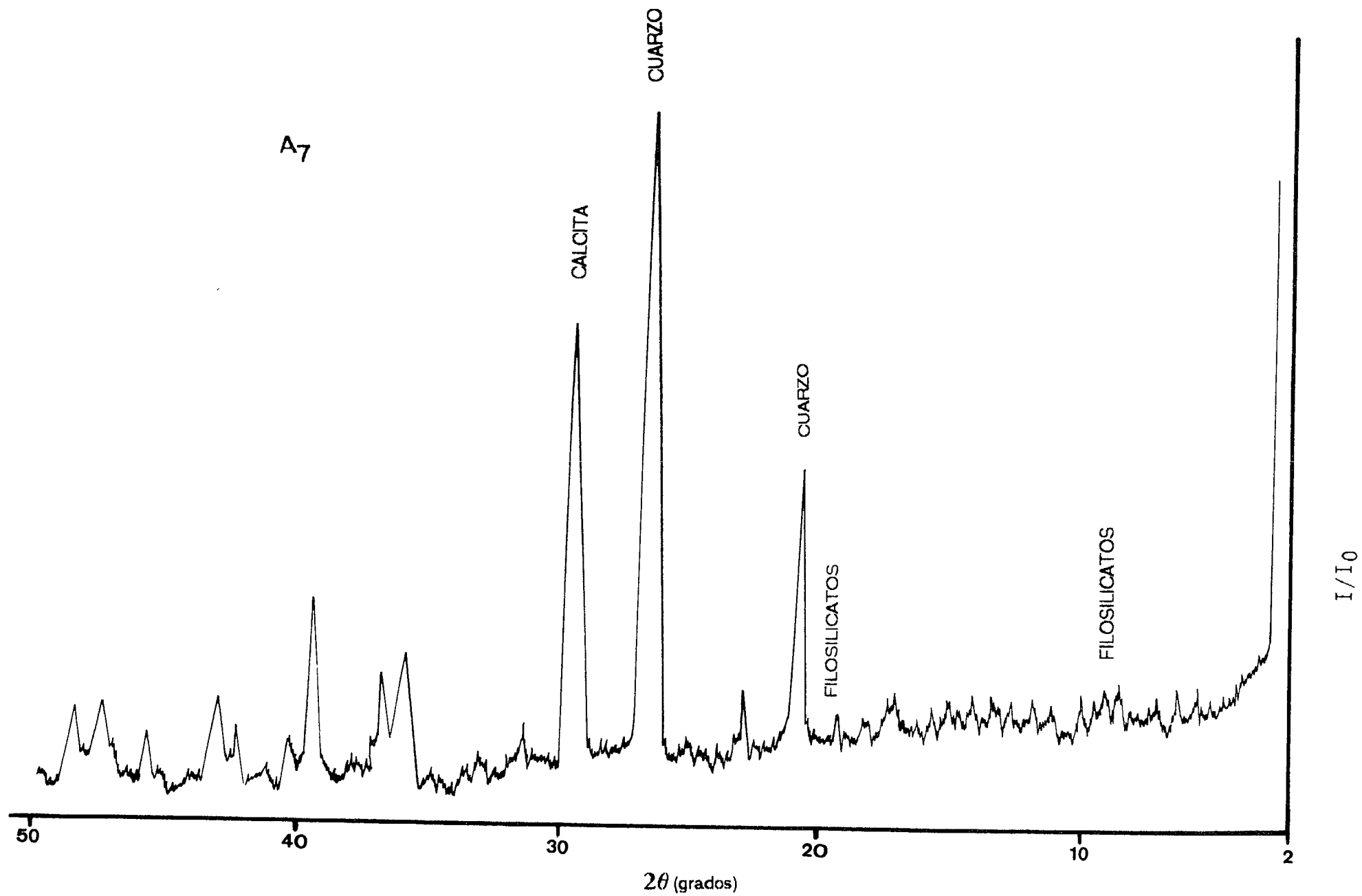


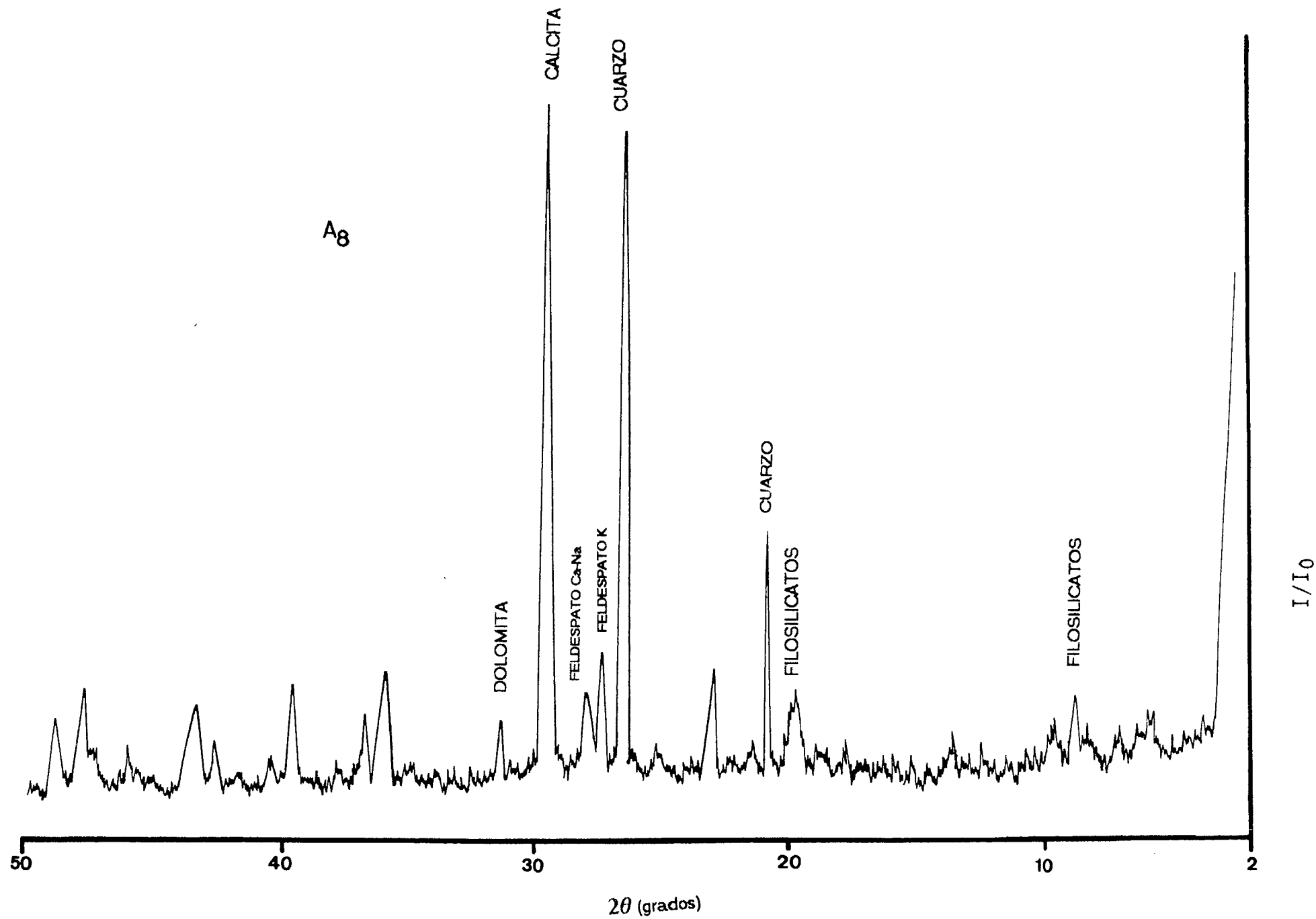


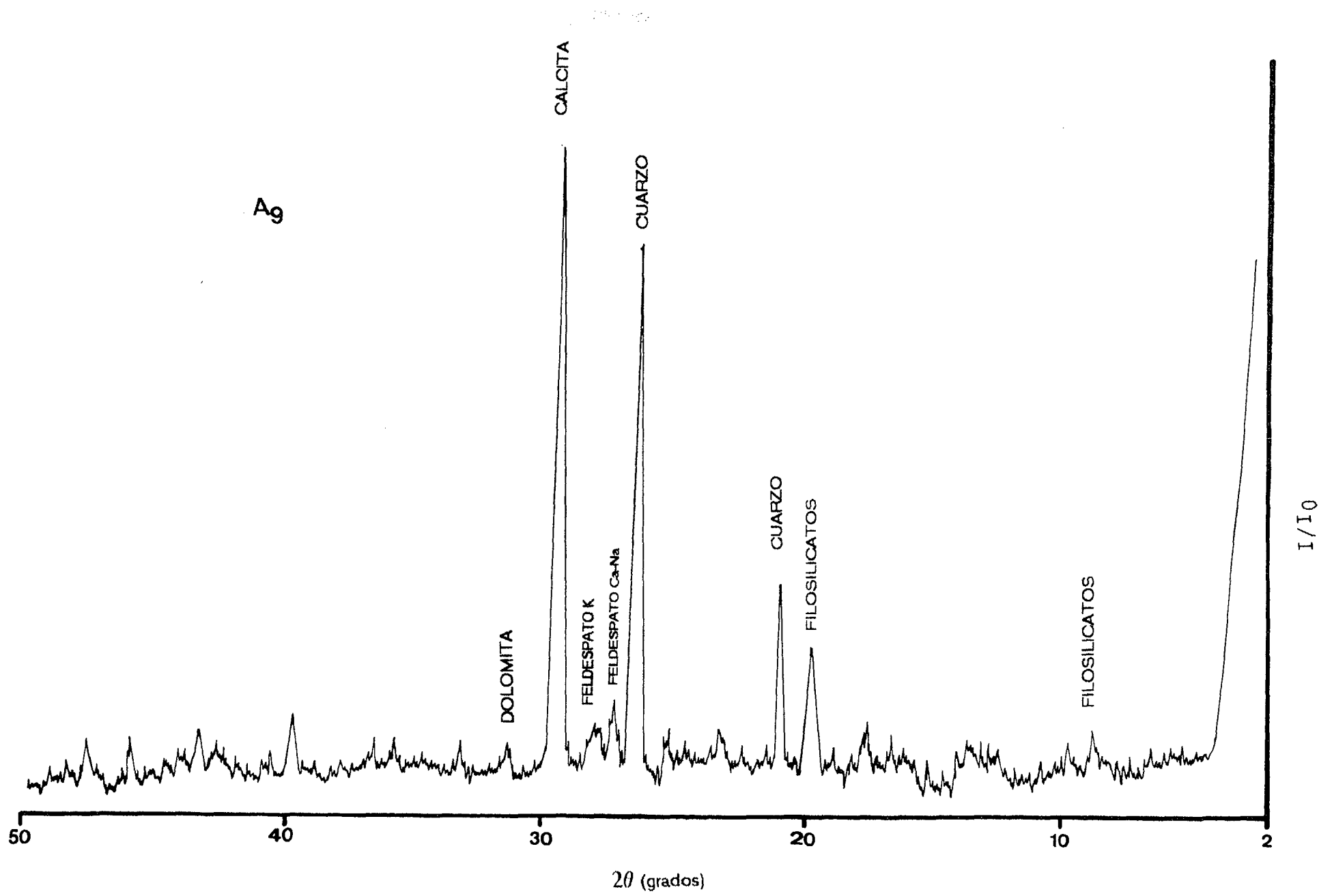


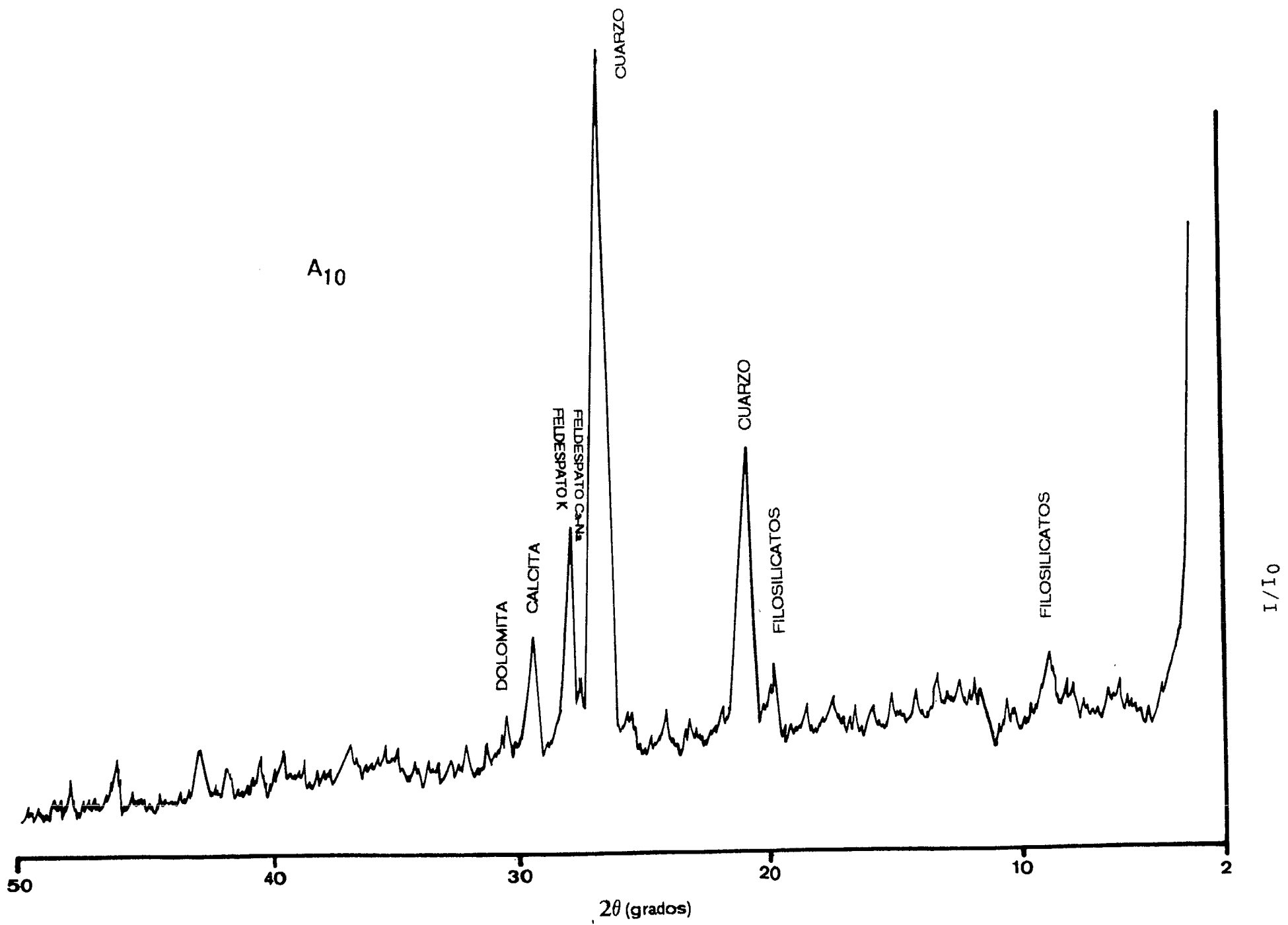


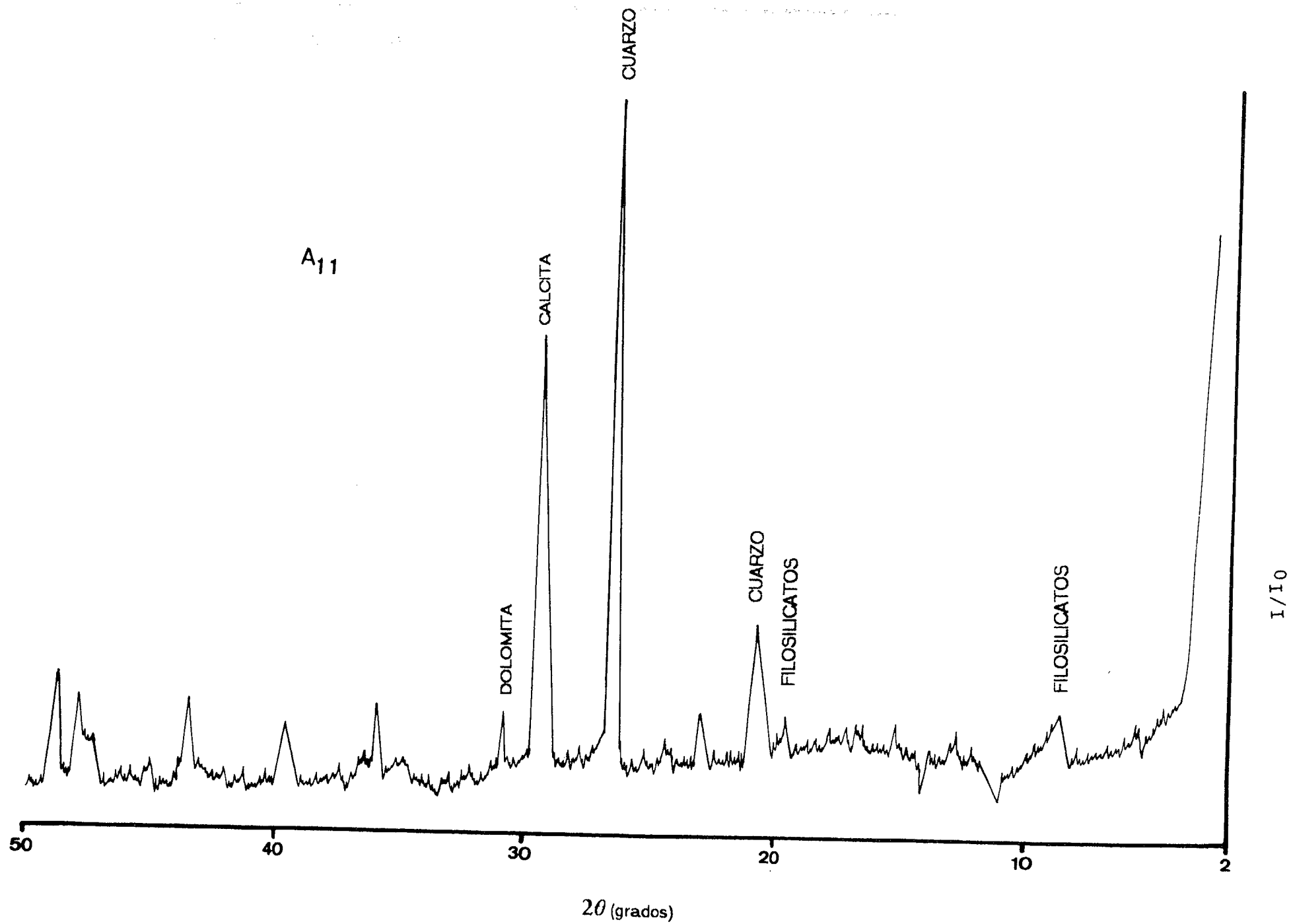


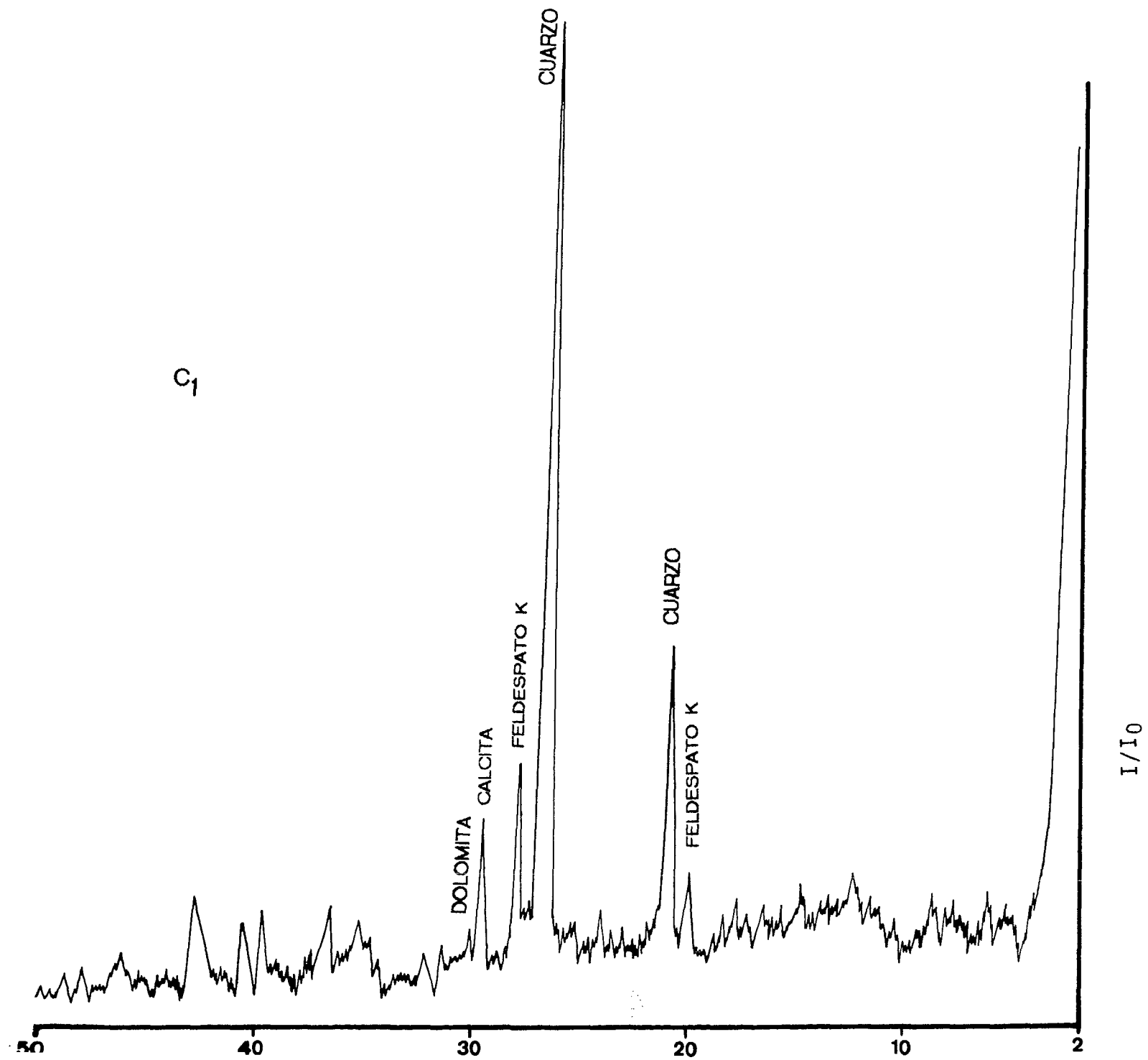




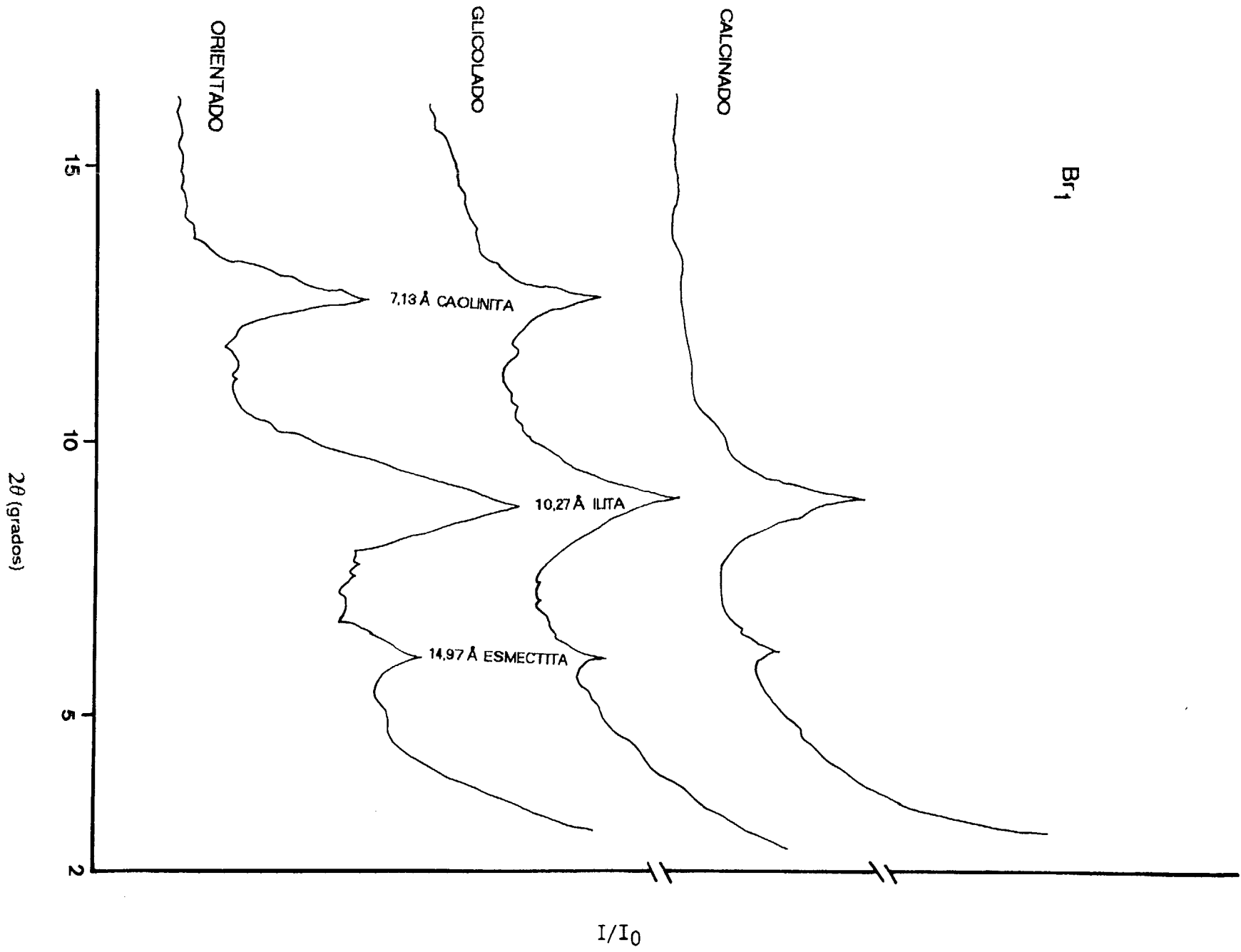


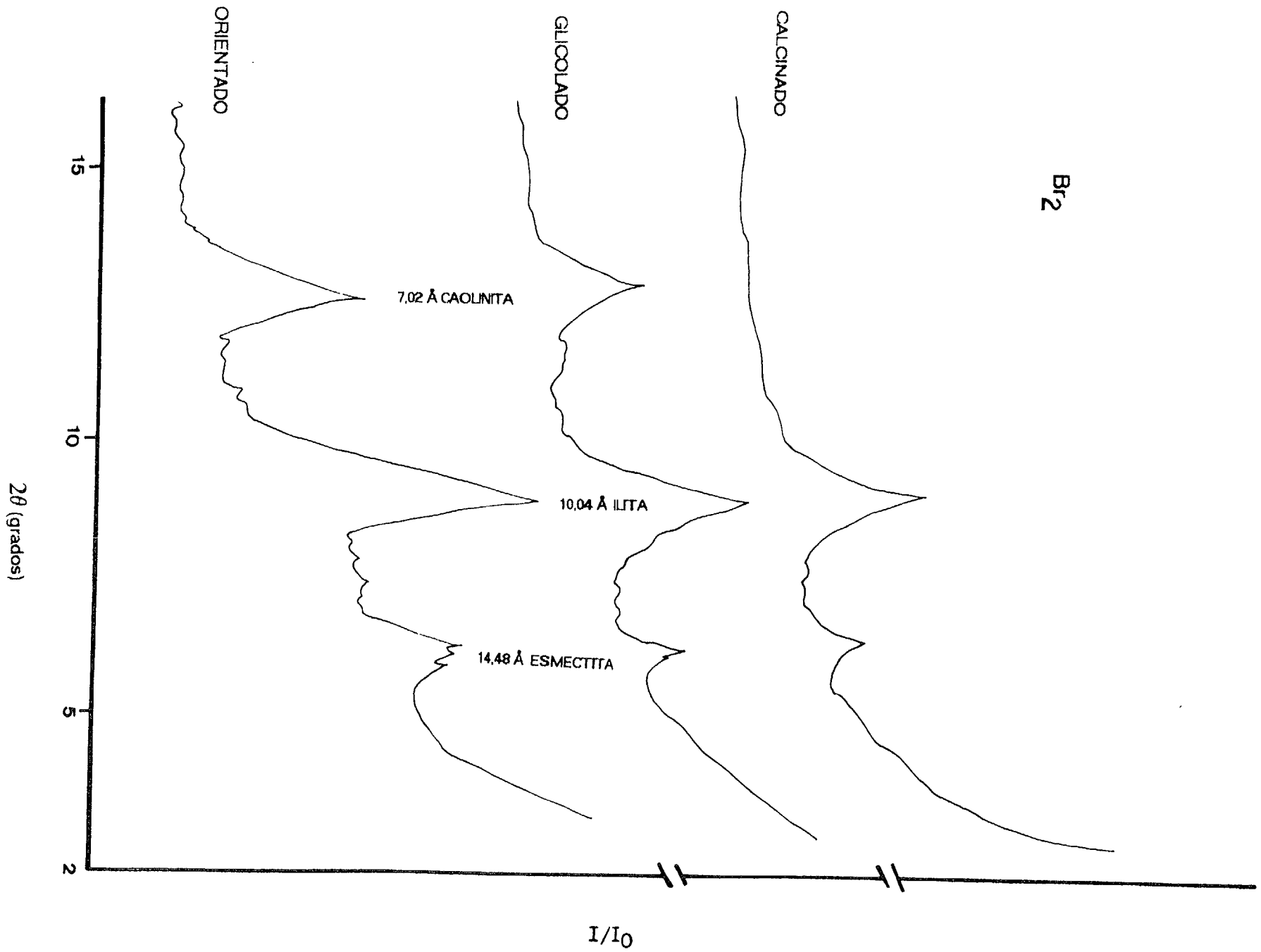


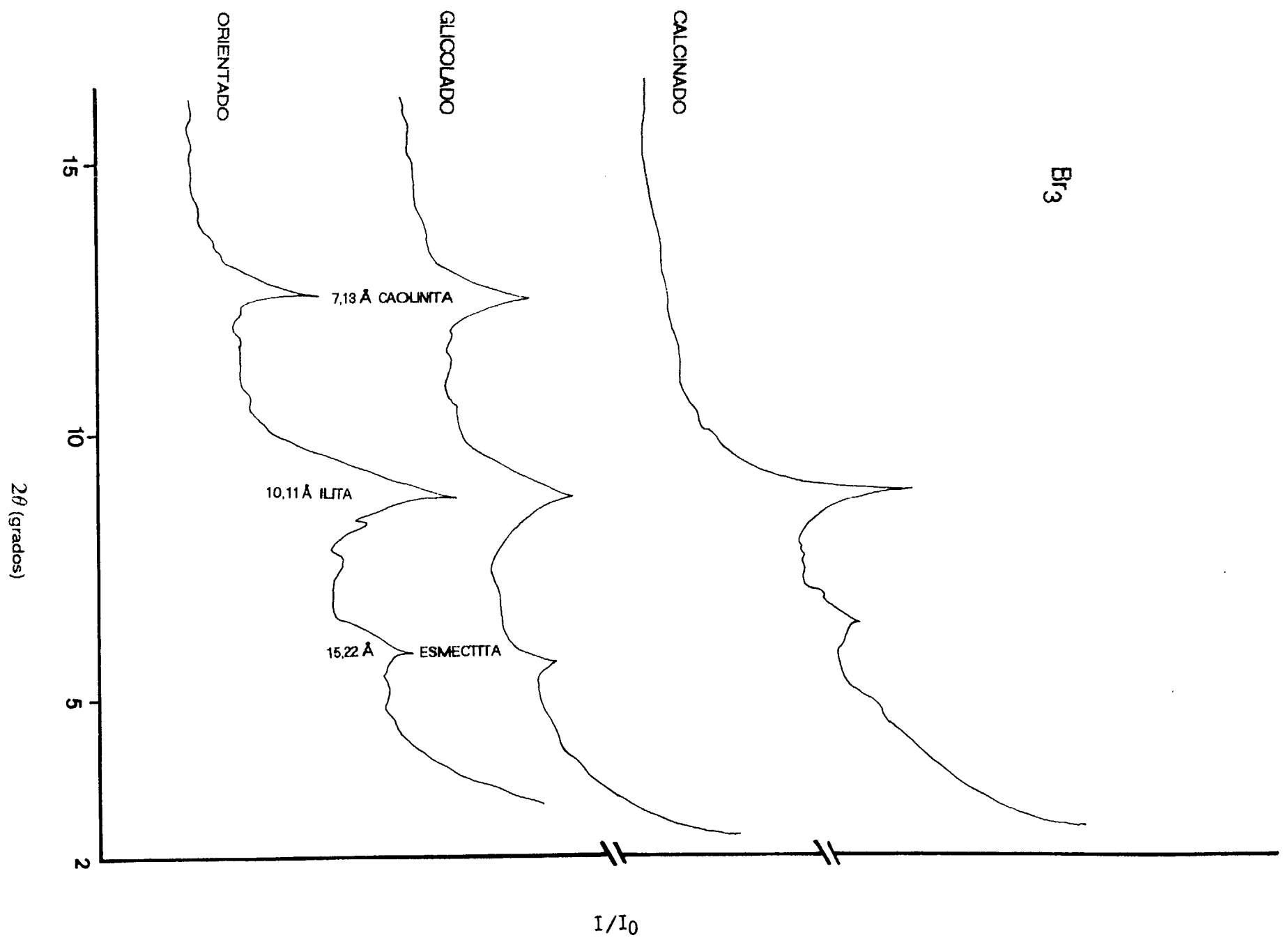


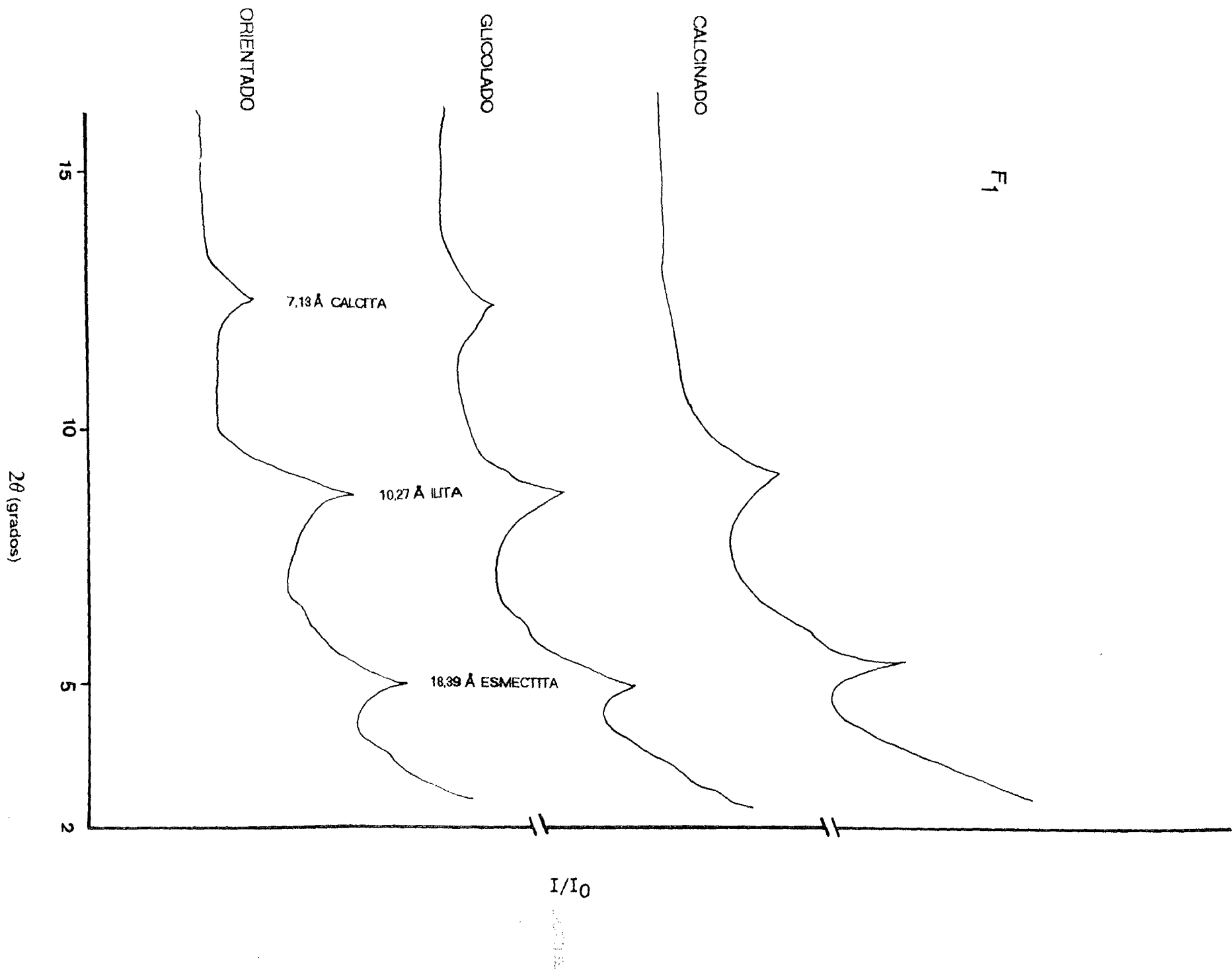


ANEXO IV: ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS.









2θ (grados)

15
10
5
2

ORIENTADO

GLICOLADO

CALCINADO

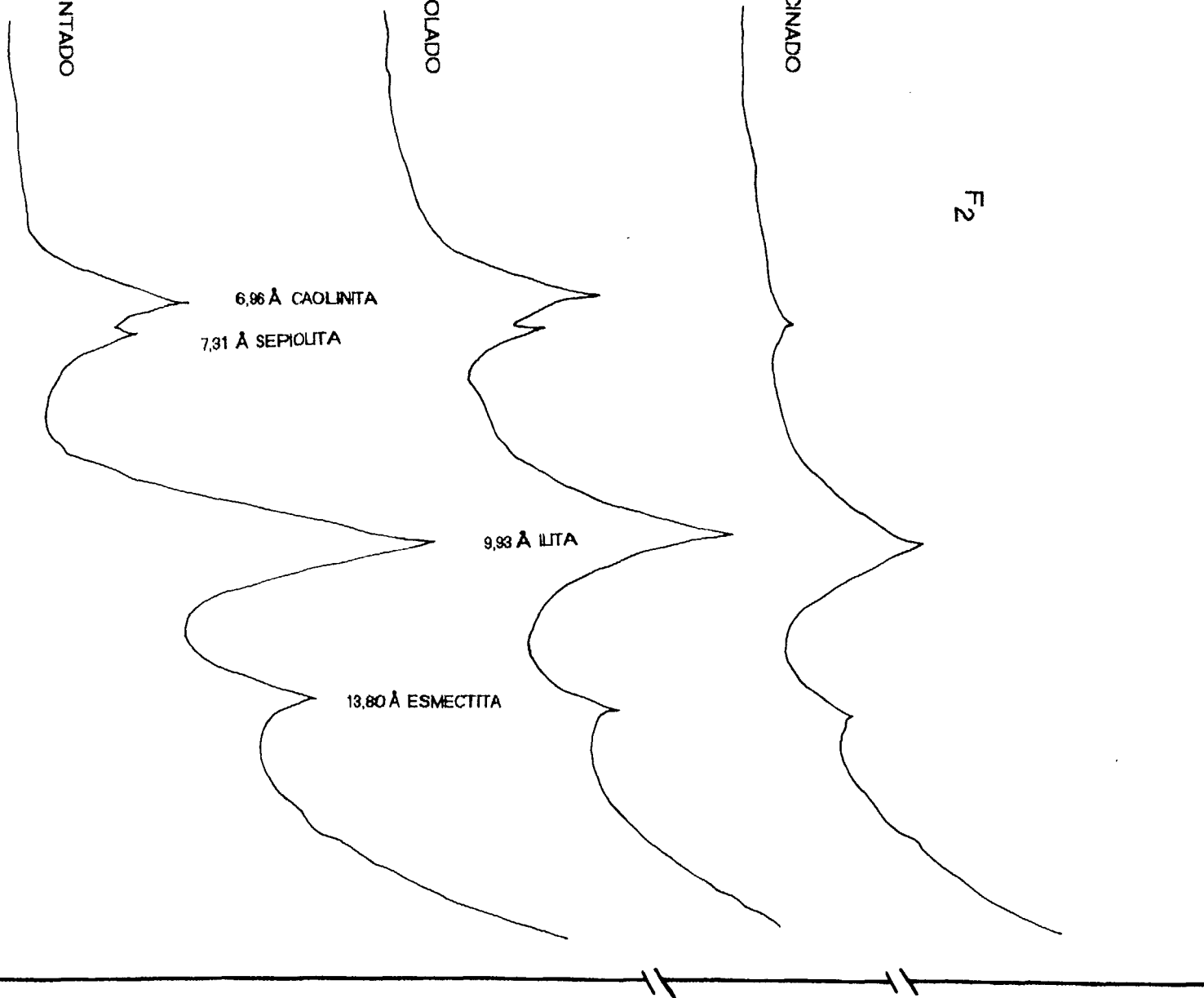
F₂

6,96 Å CAOLINITA
7,31 Å SEPIOLITA

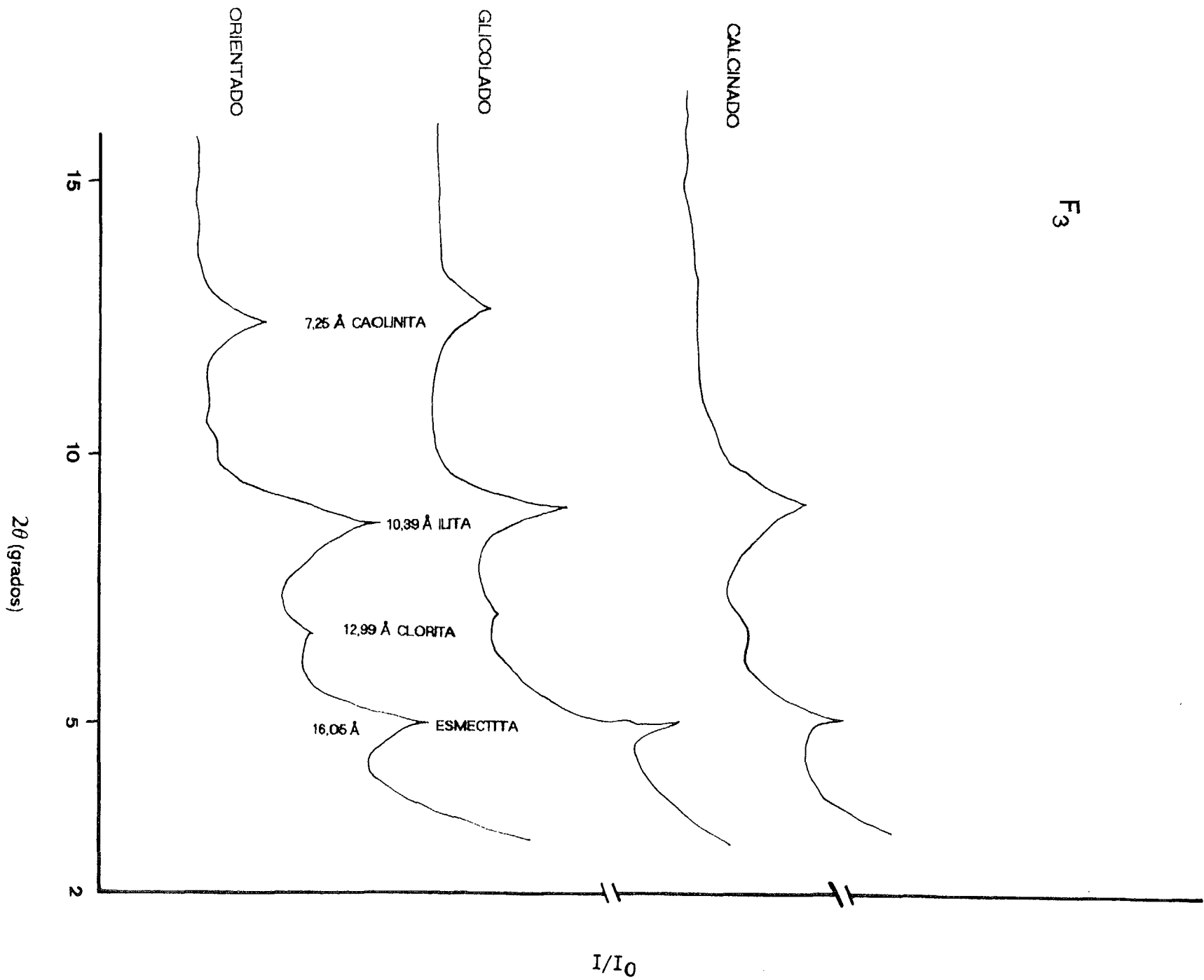
9,93 Å ILITA

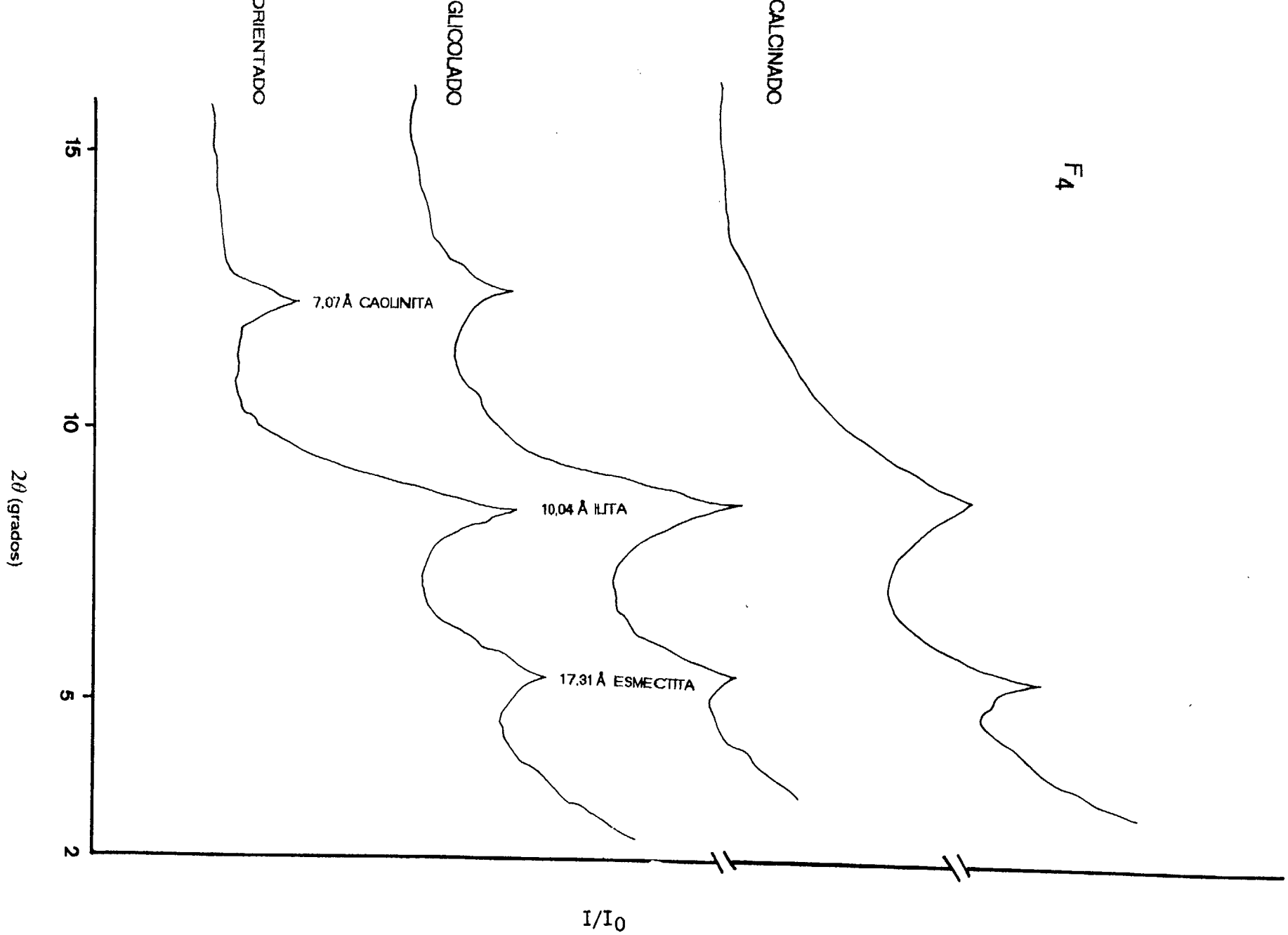
13,80 Å ESMECTITA

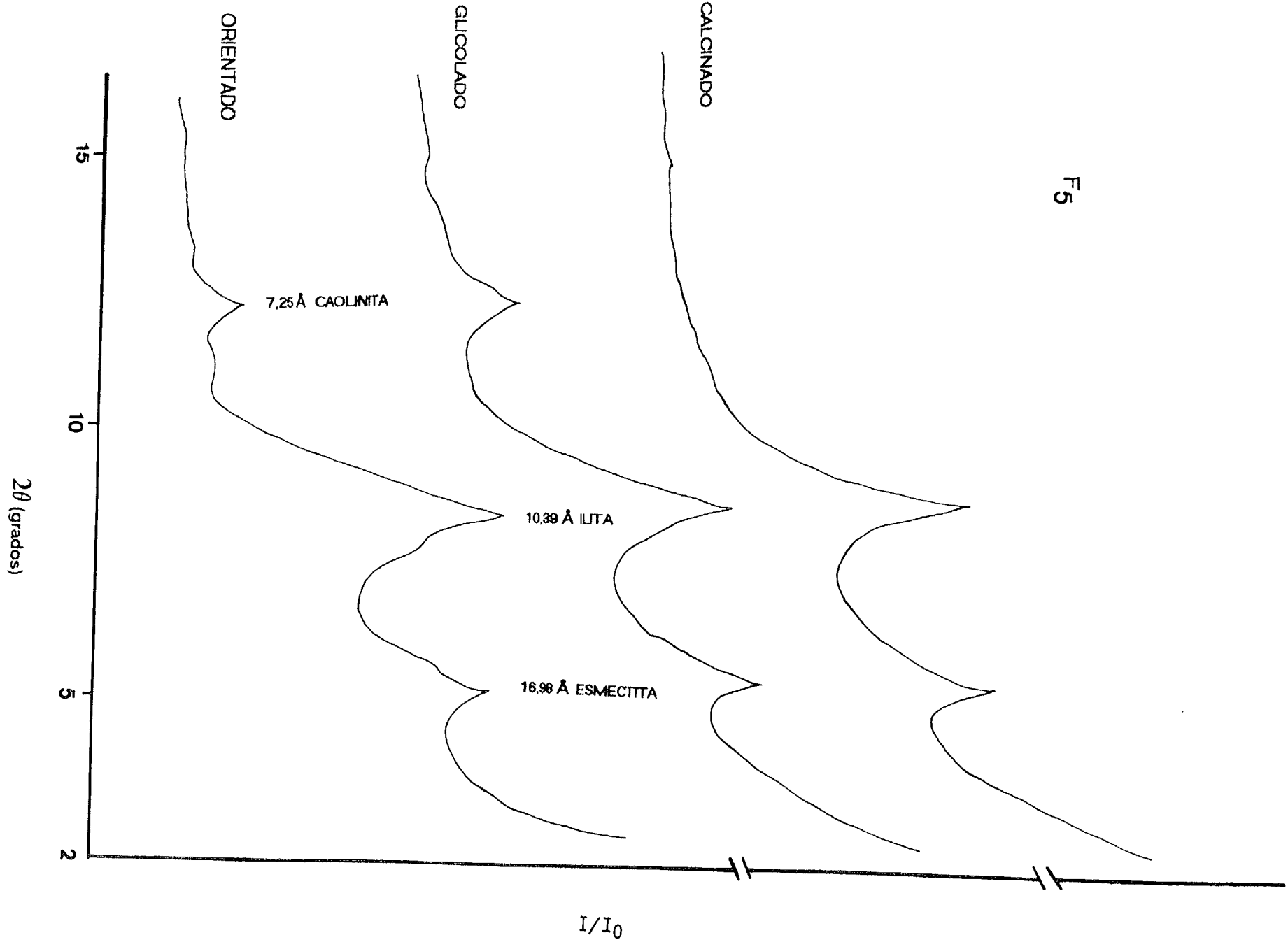
I/I_0

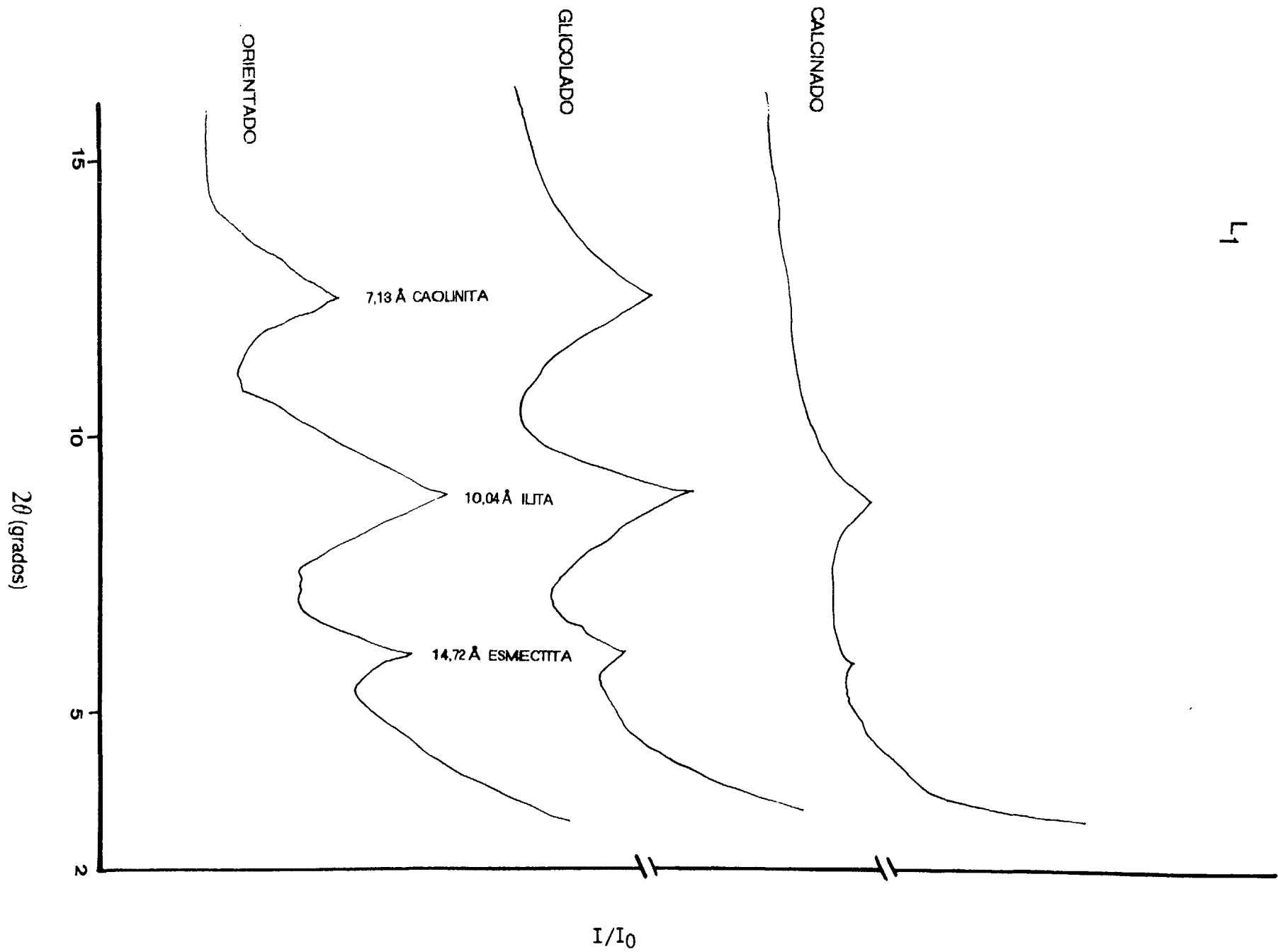


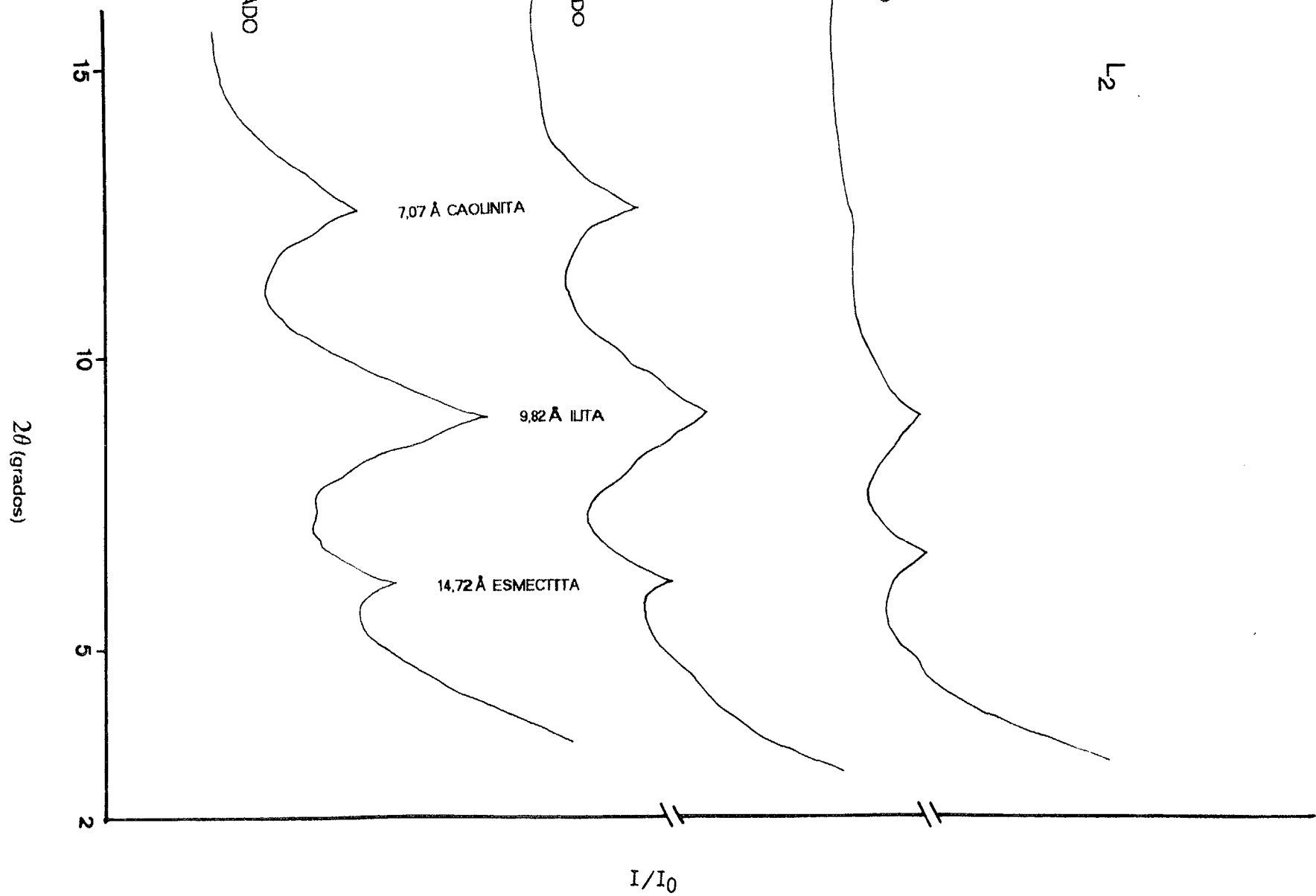
F₃

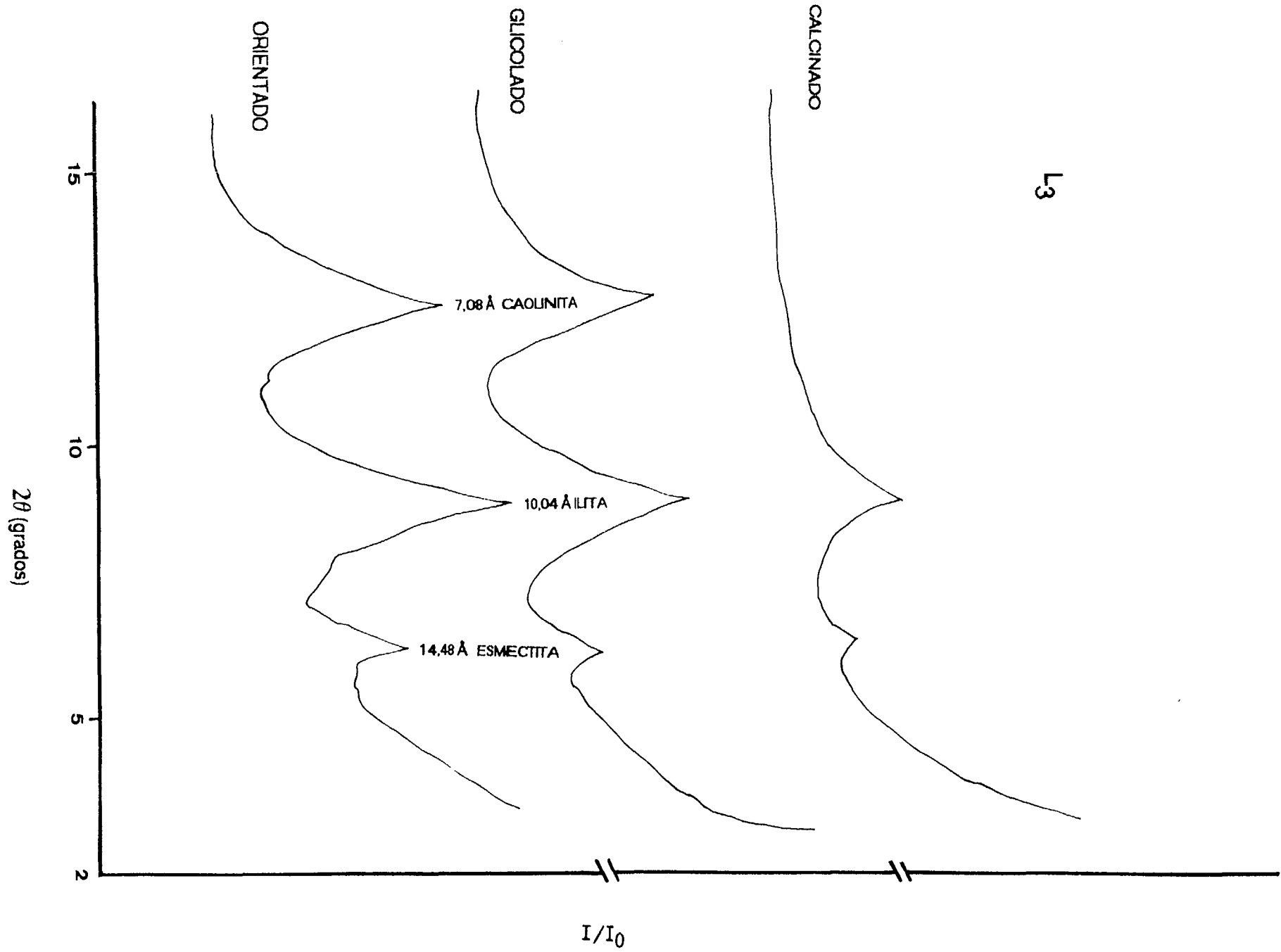


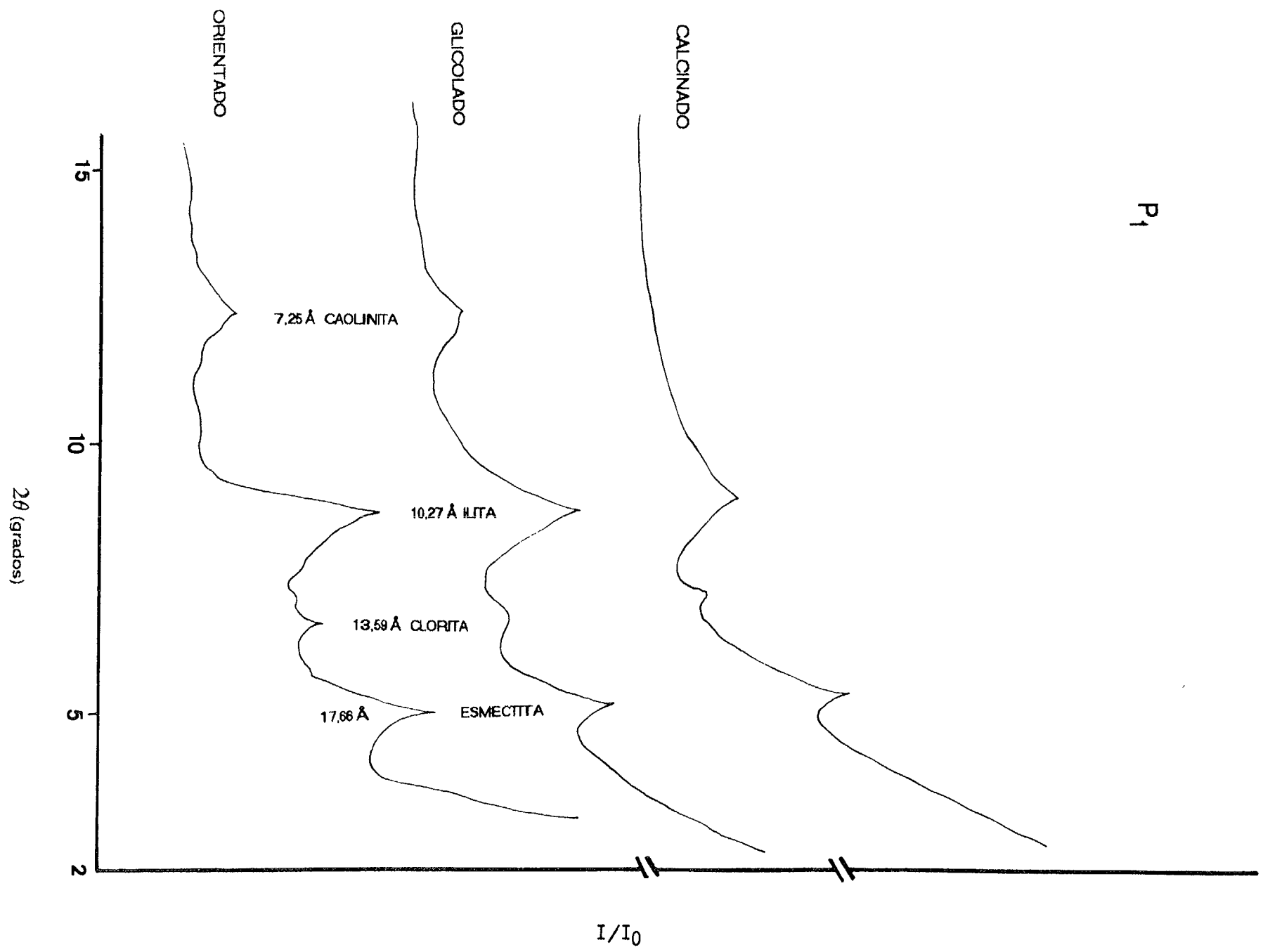


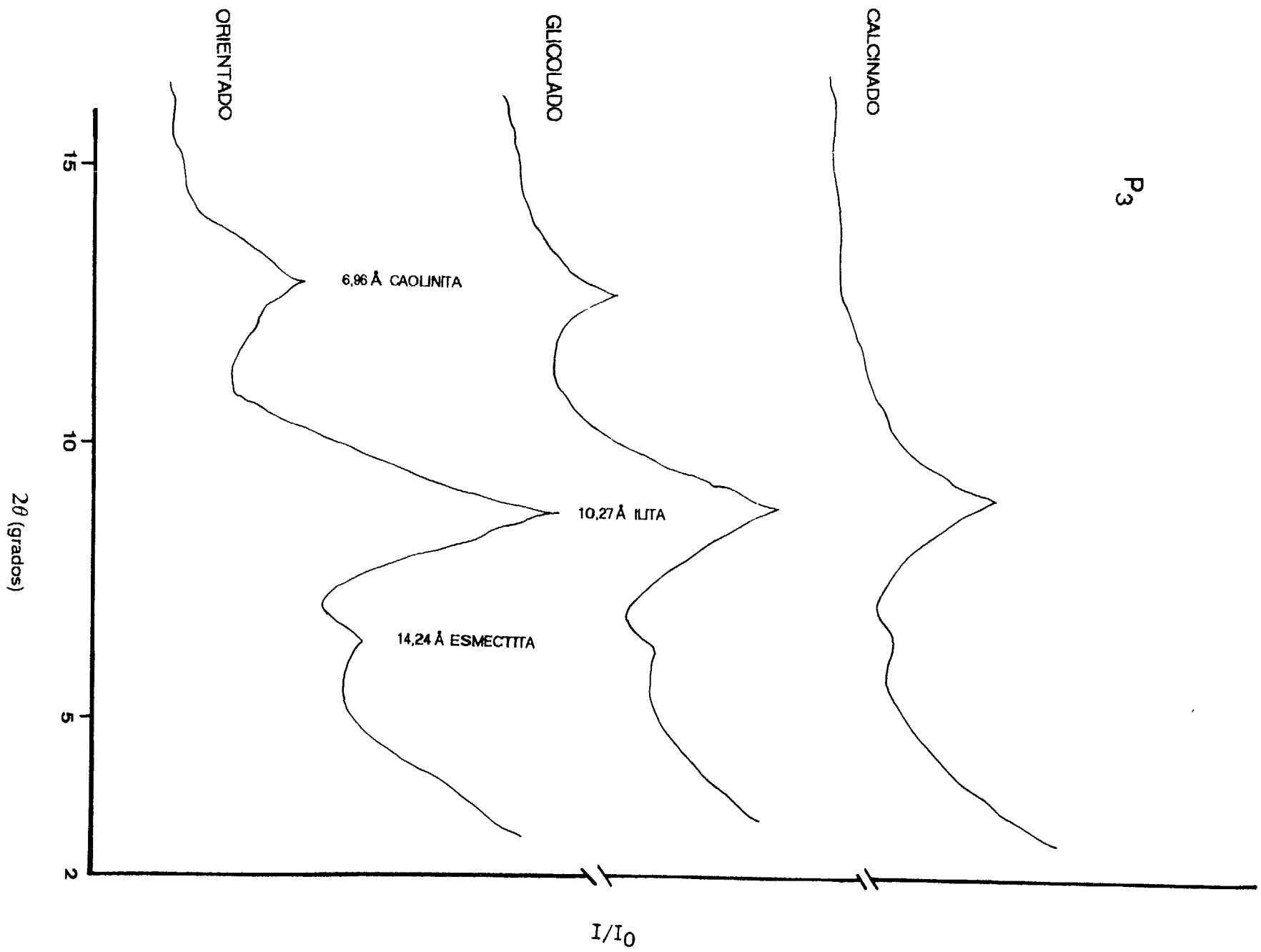


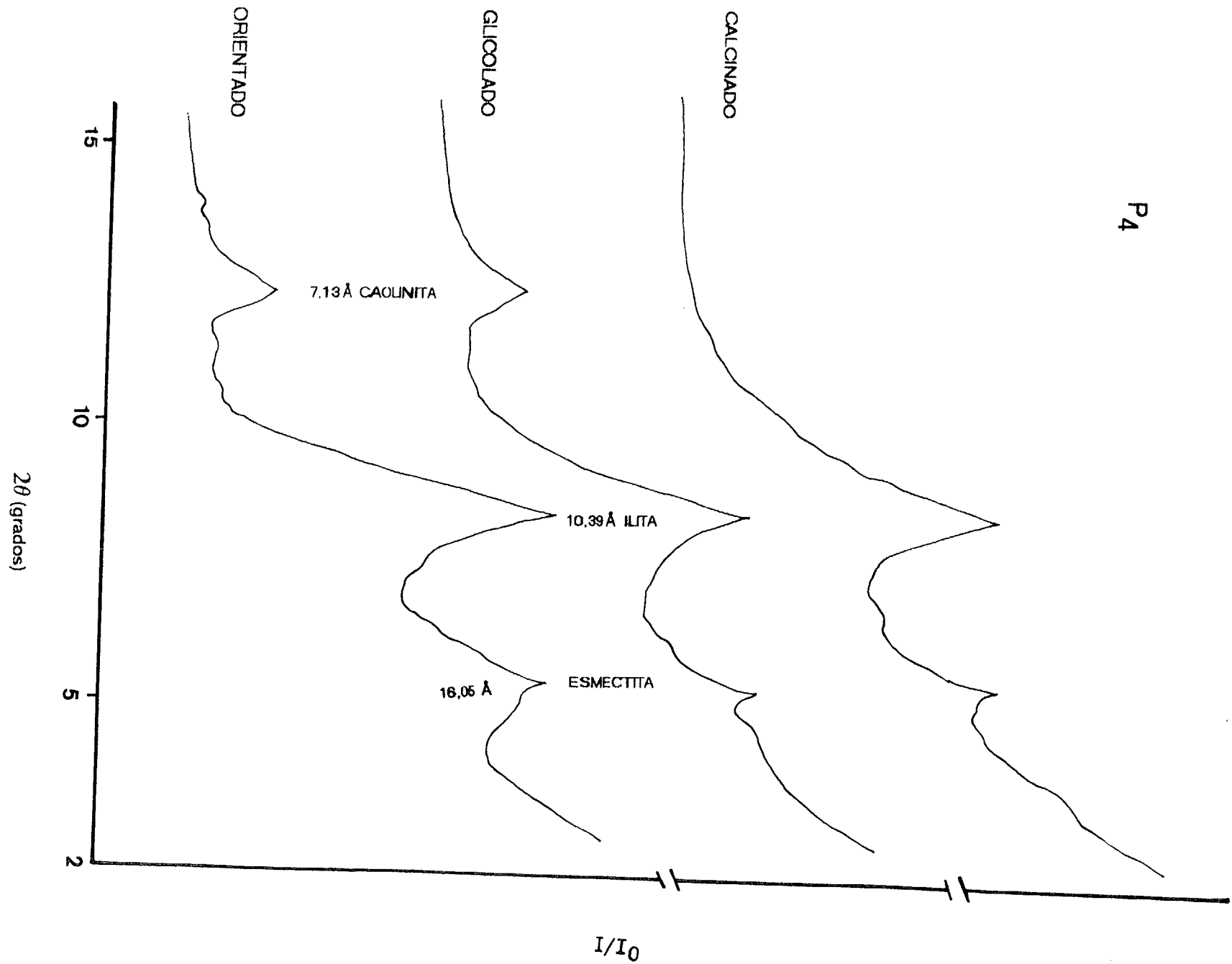


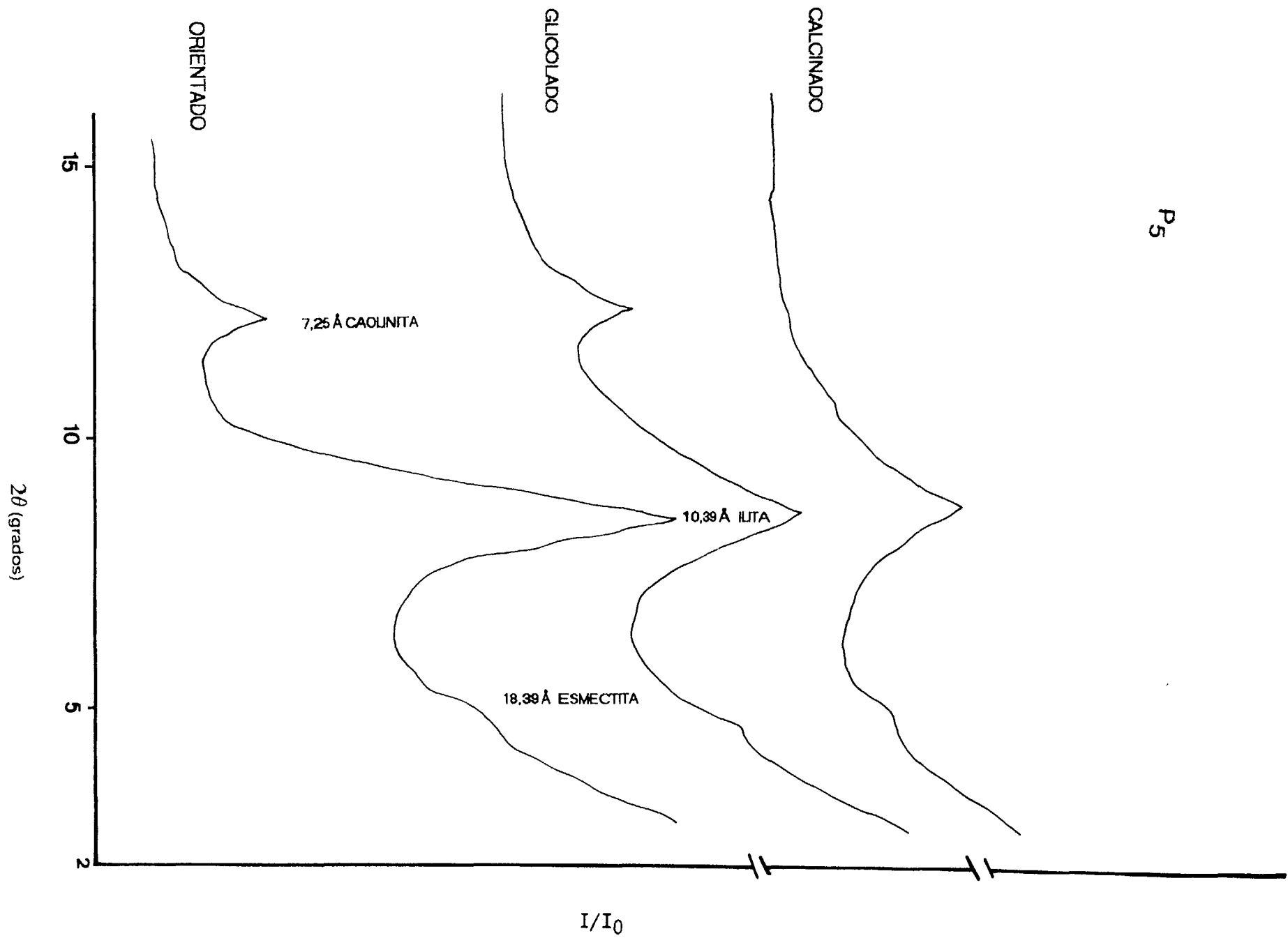




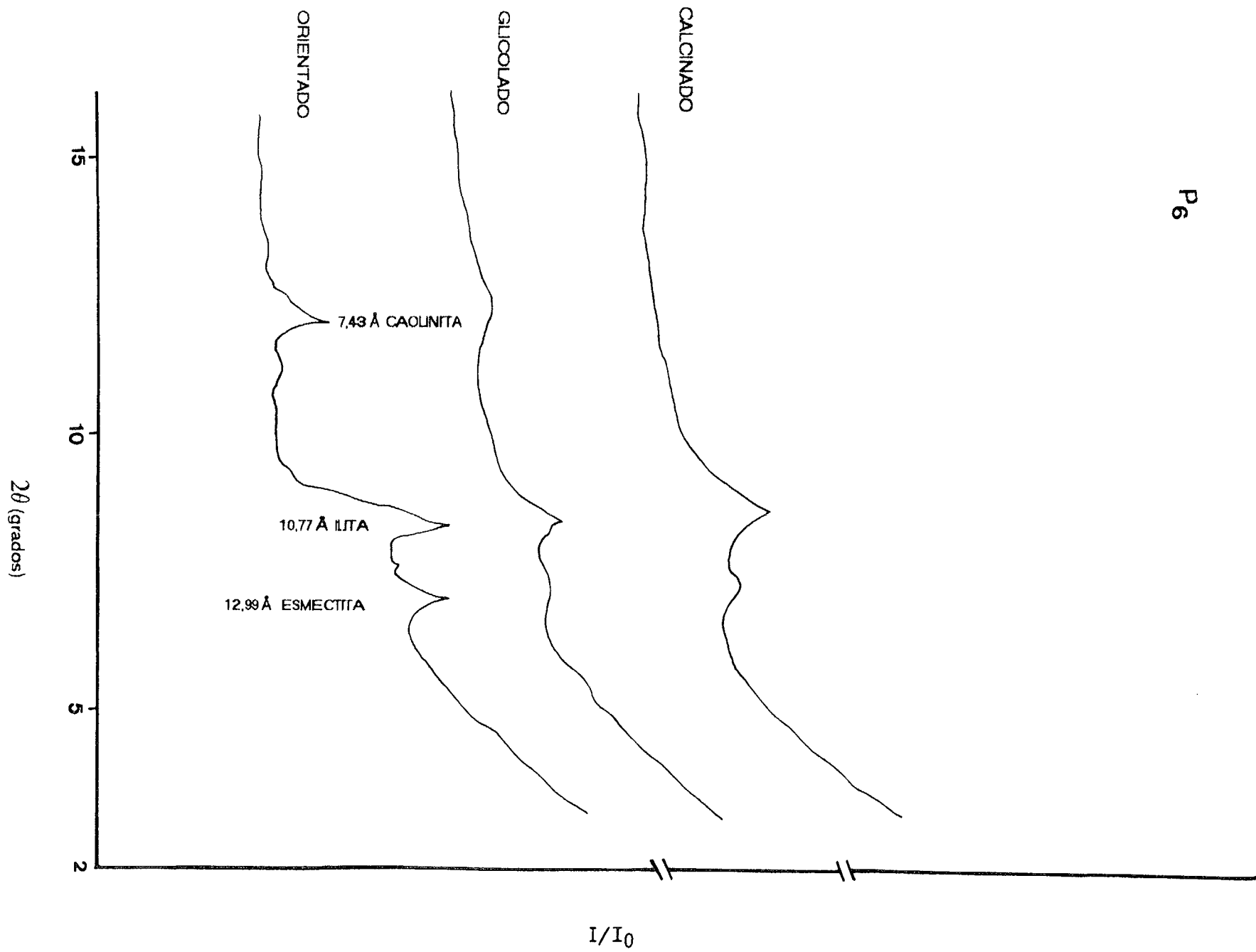


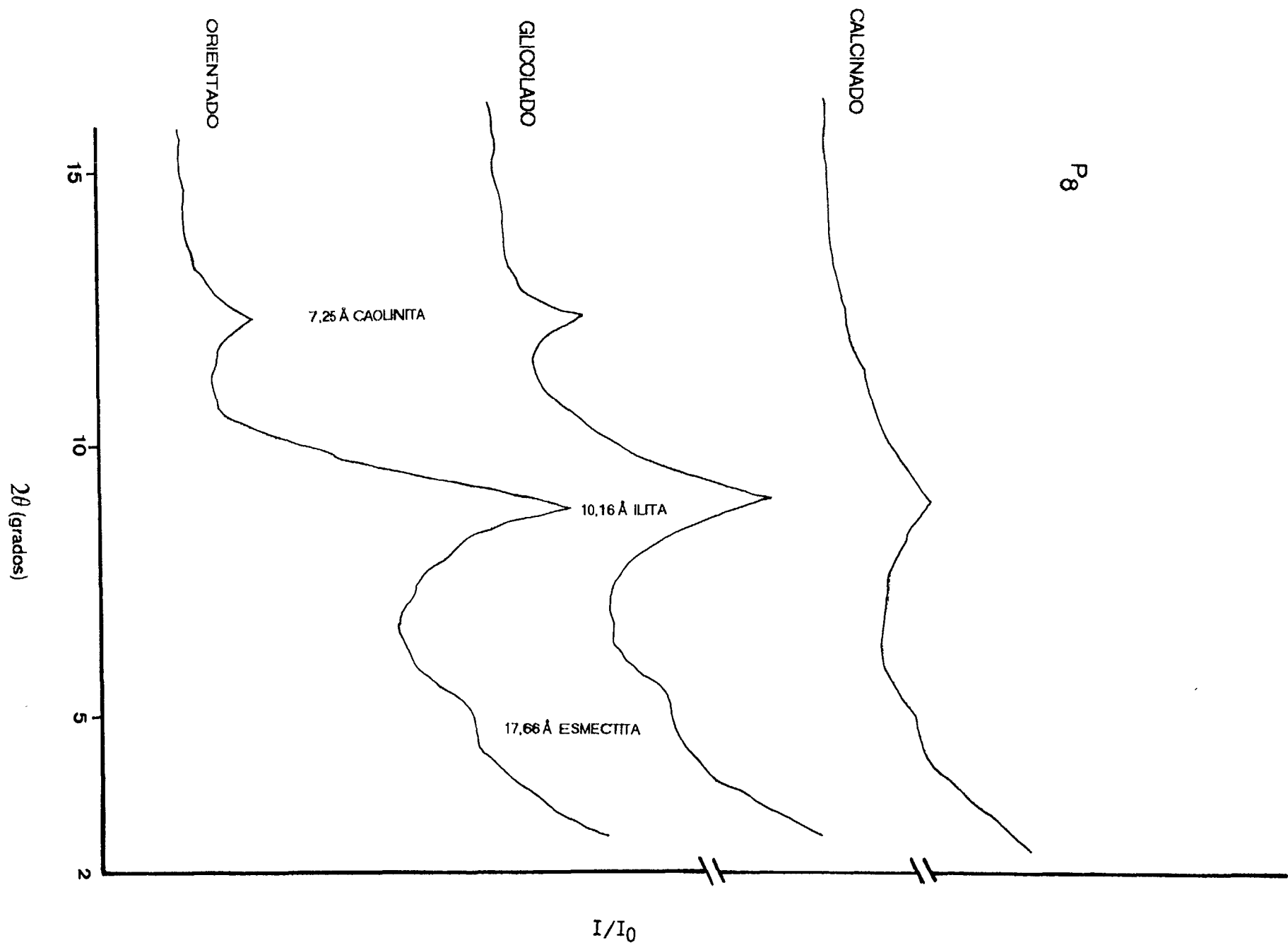


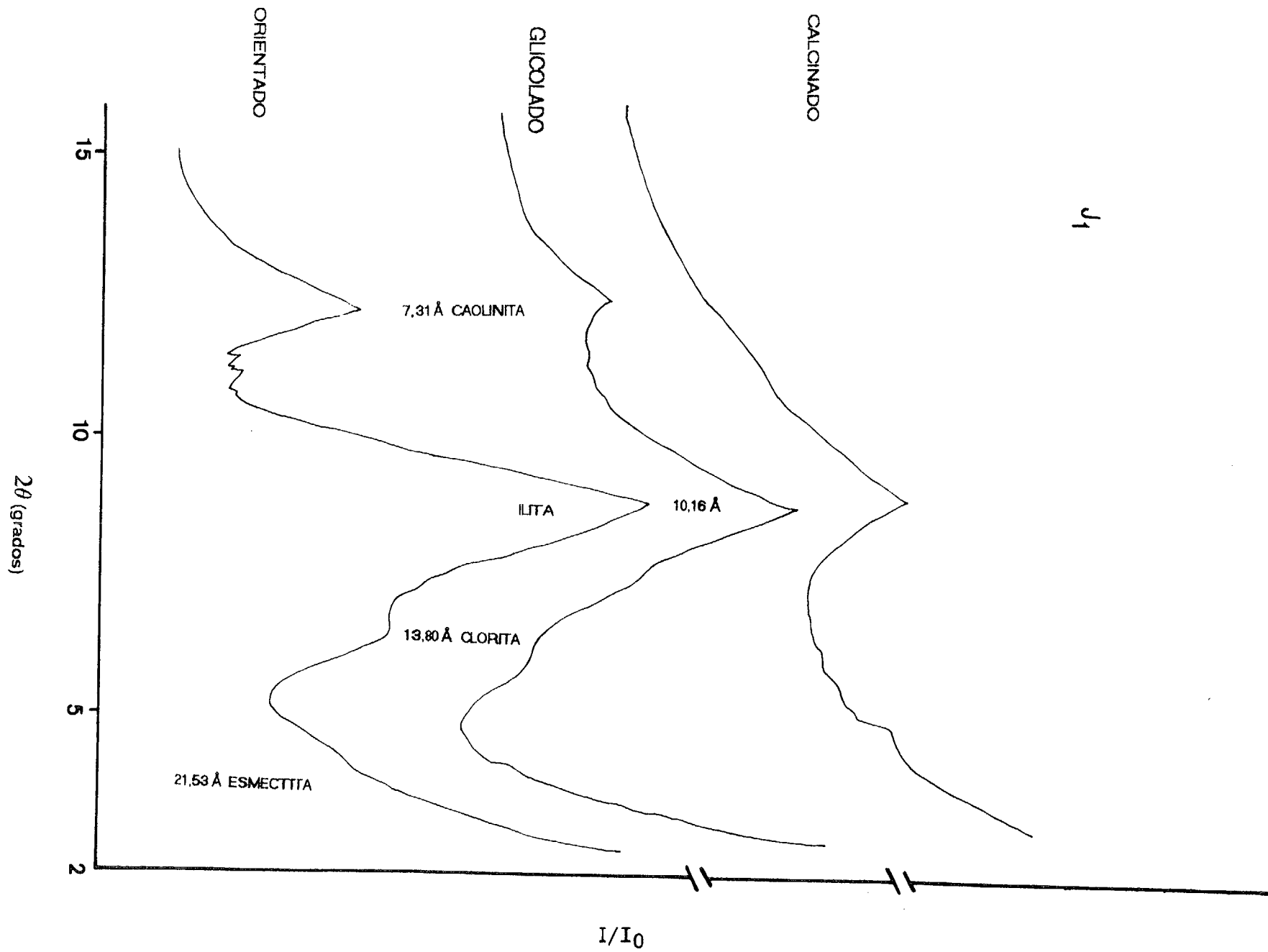


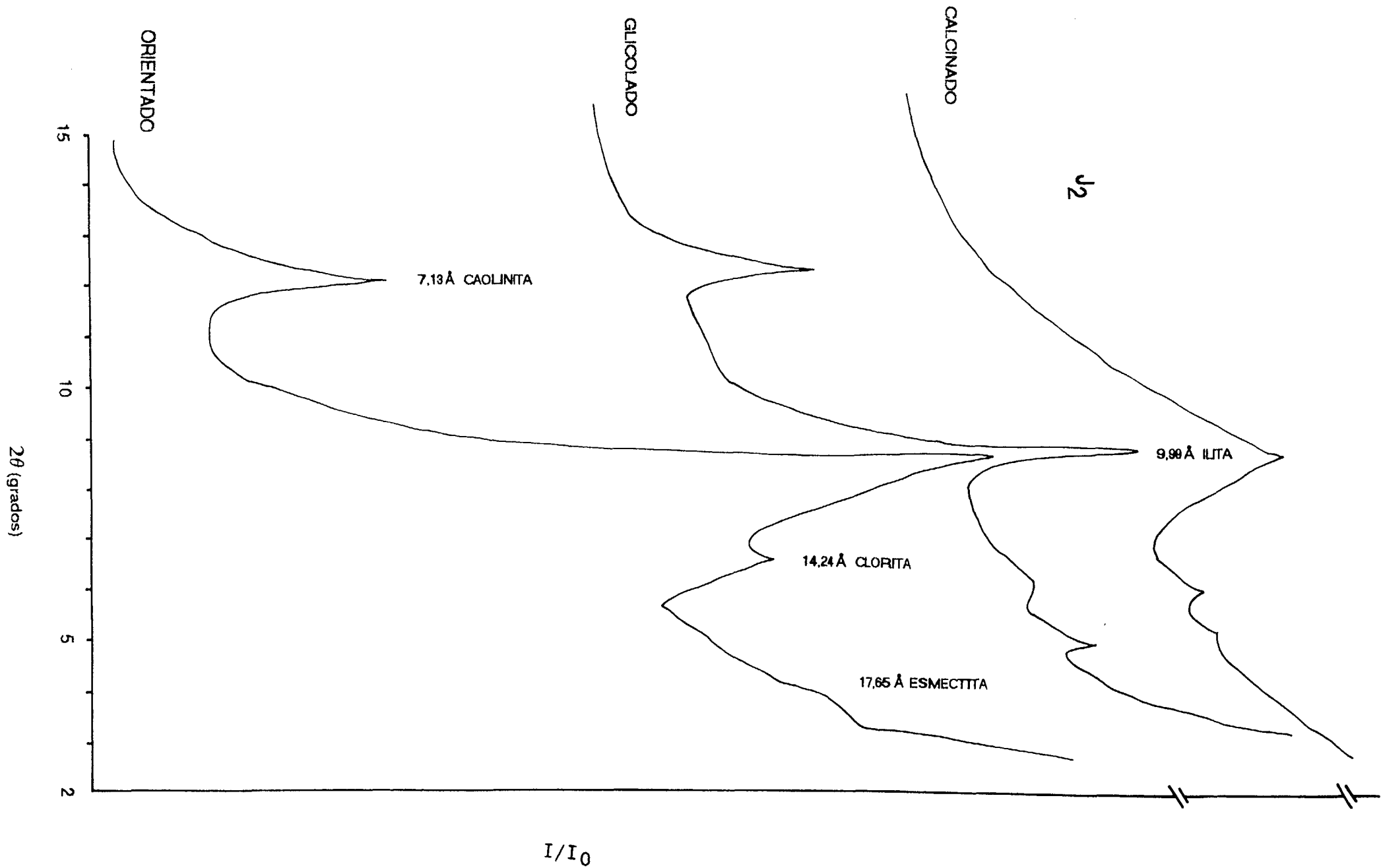


P₆









J₃

SECALINADO

LICOLADO

ORIENTADO

7.1 Å CAOLINITA

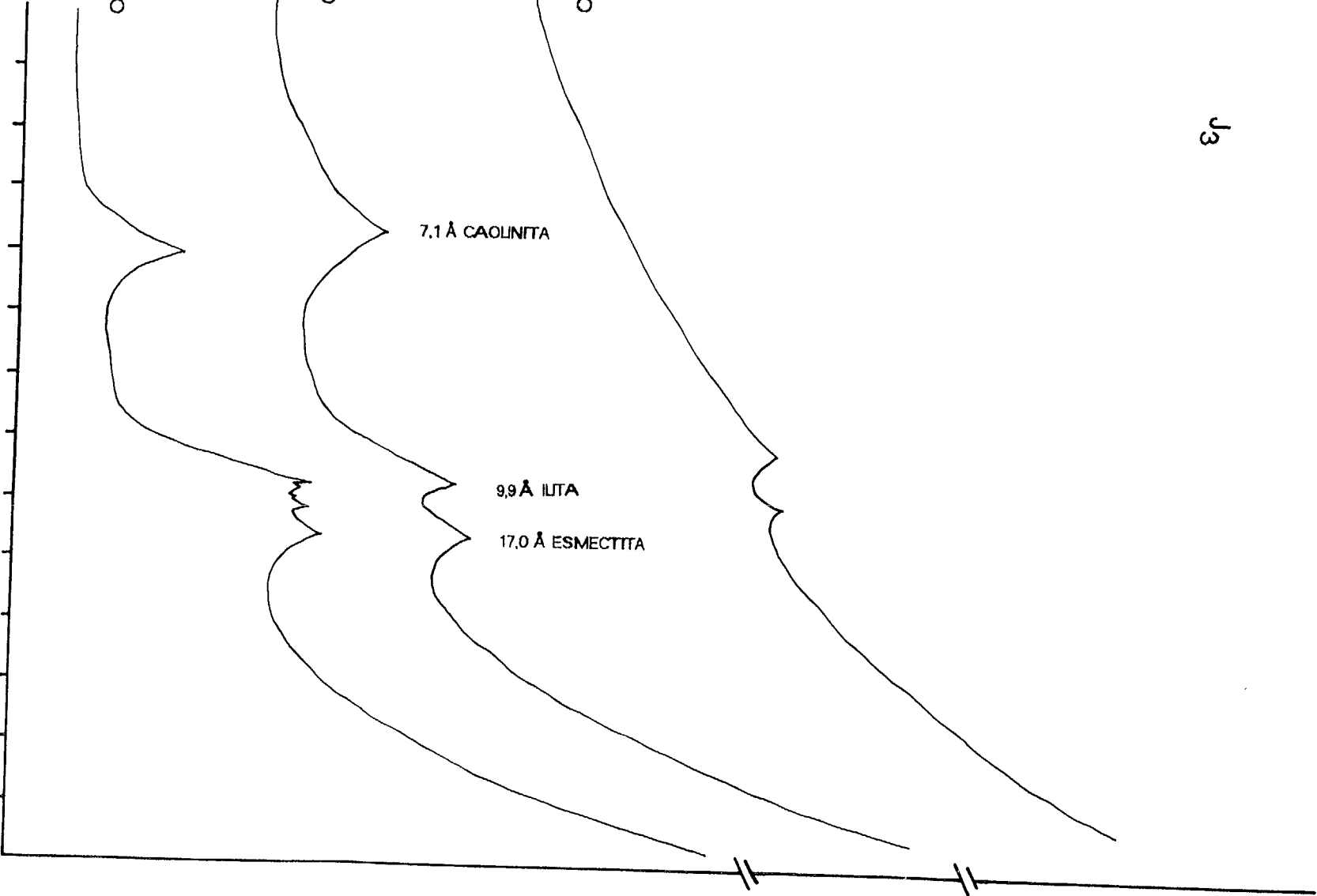
9.9 Å ILTA

17.0 Å ESMECTITA

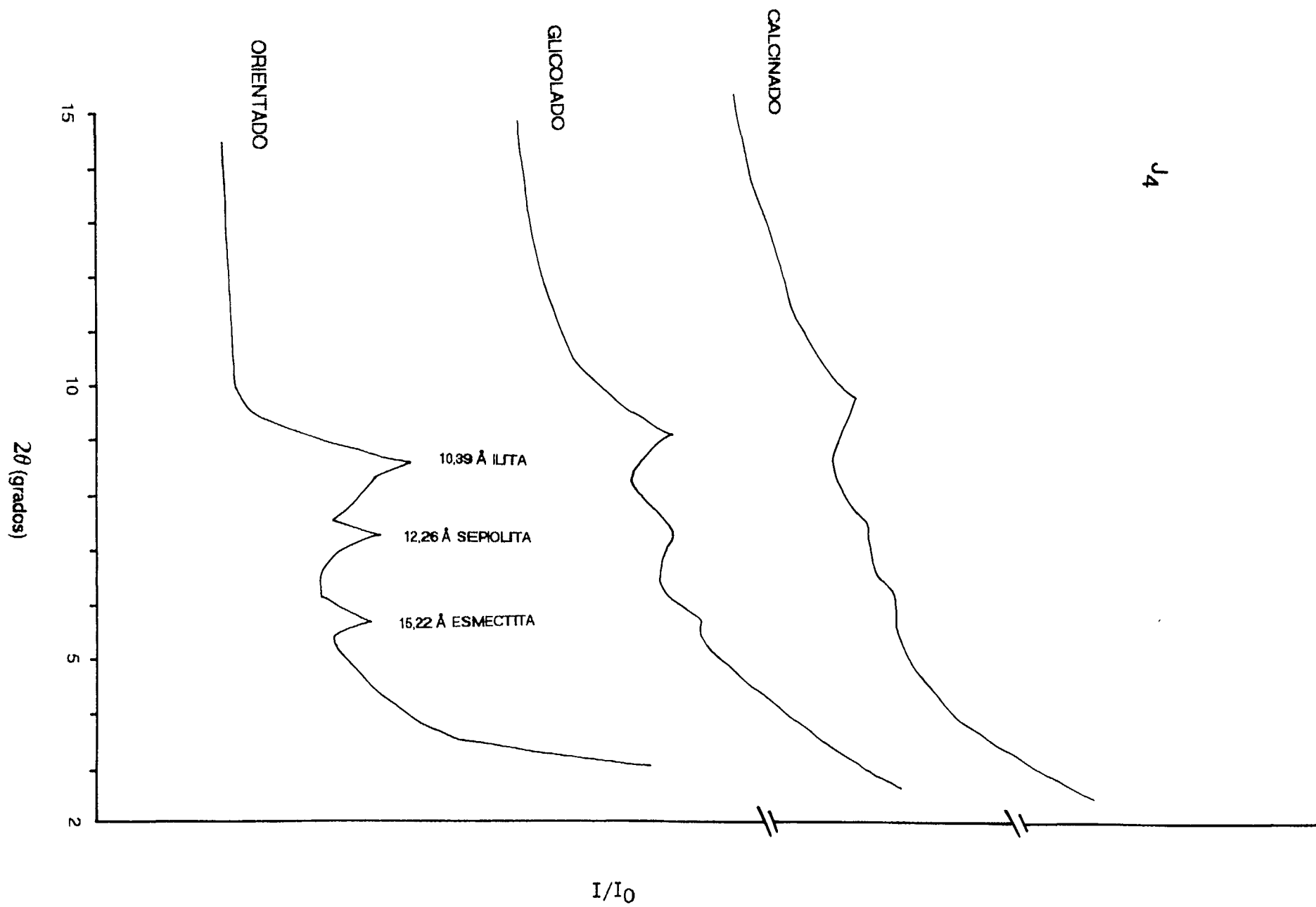
I/I_0

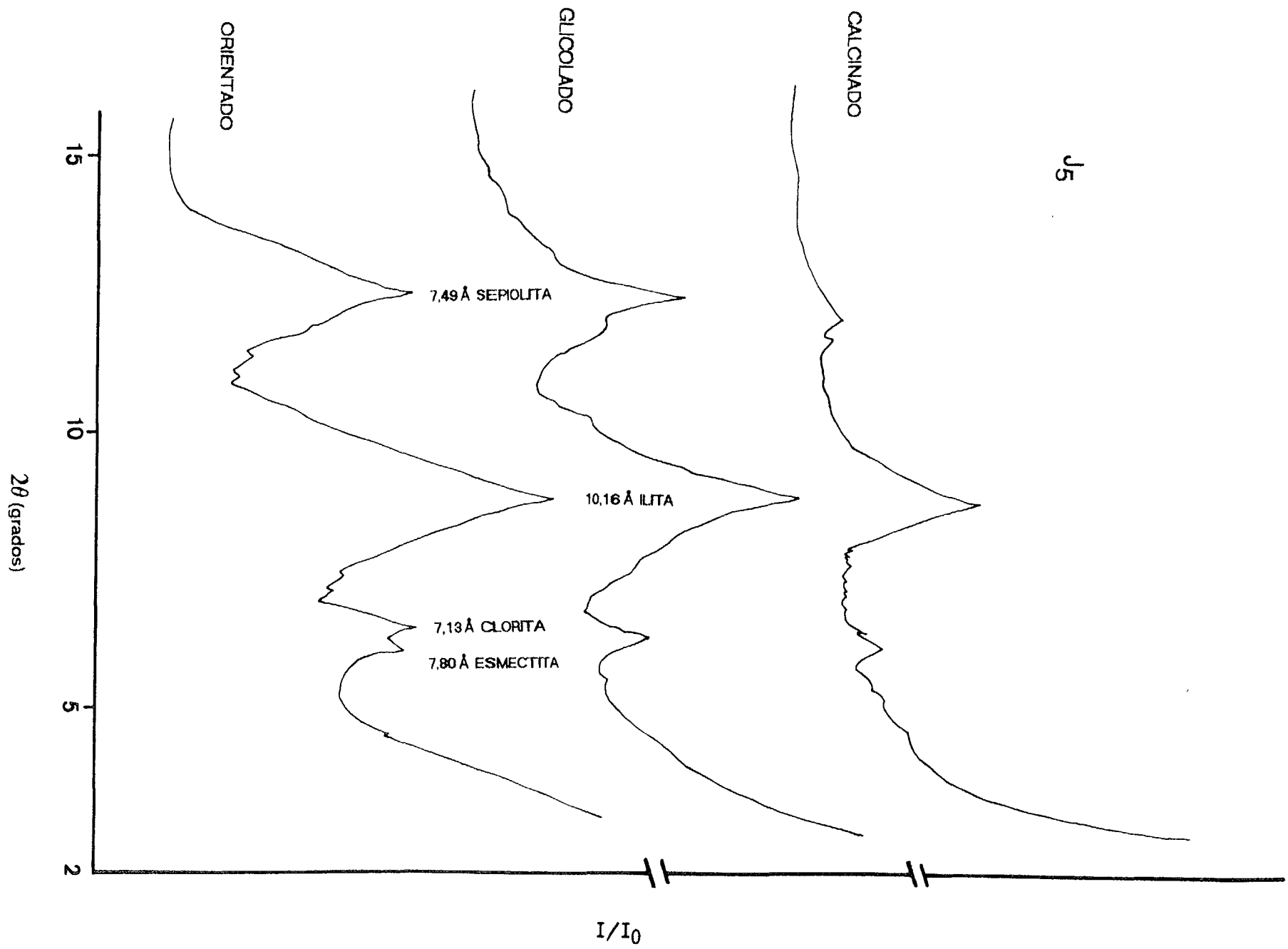
2 5 10 15

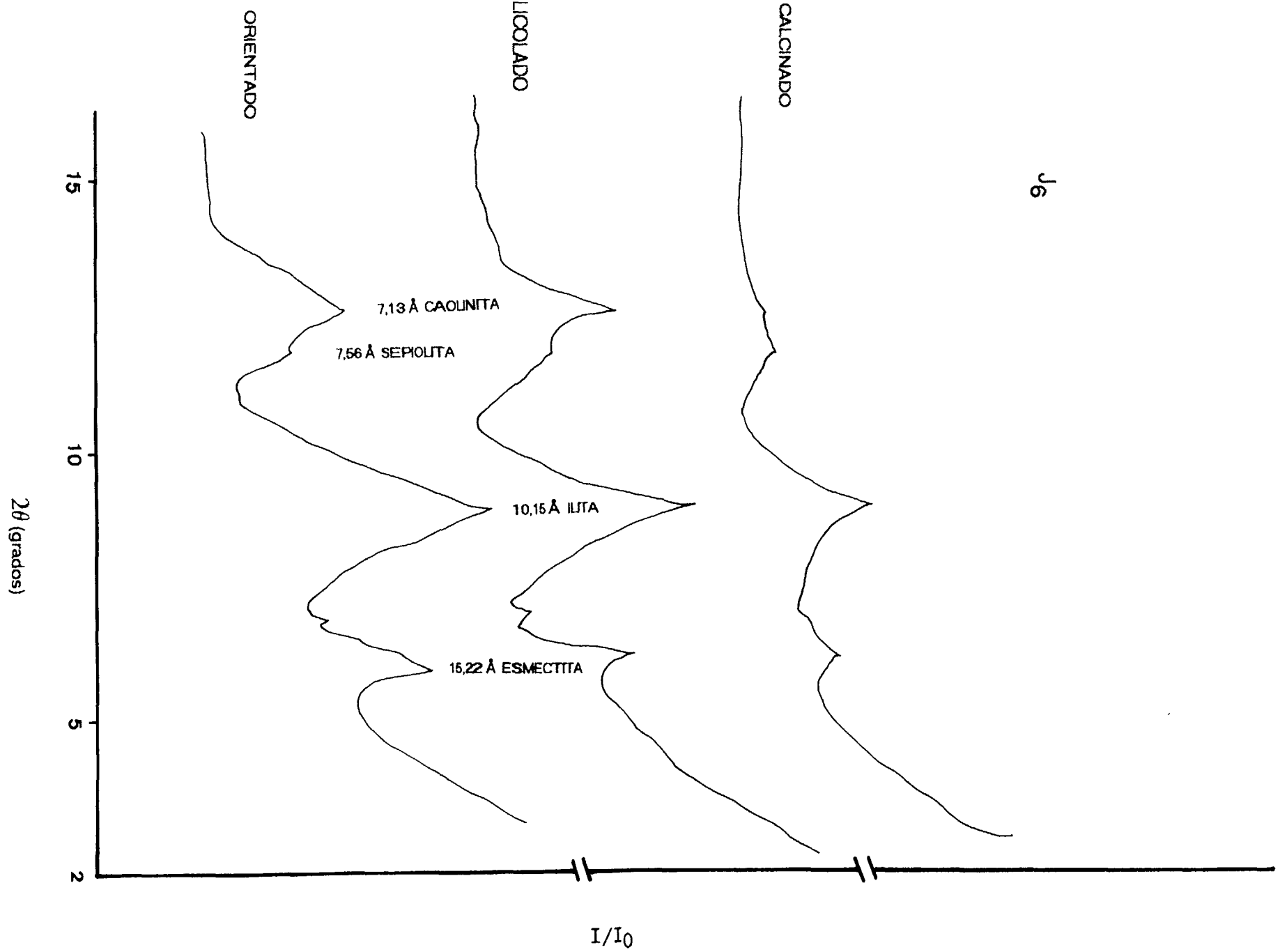
2θ (grados)



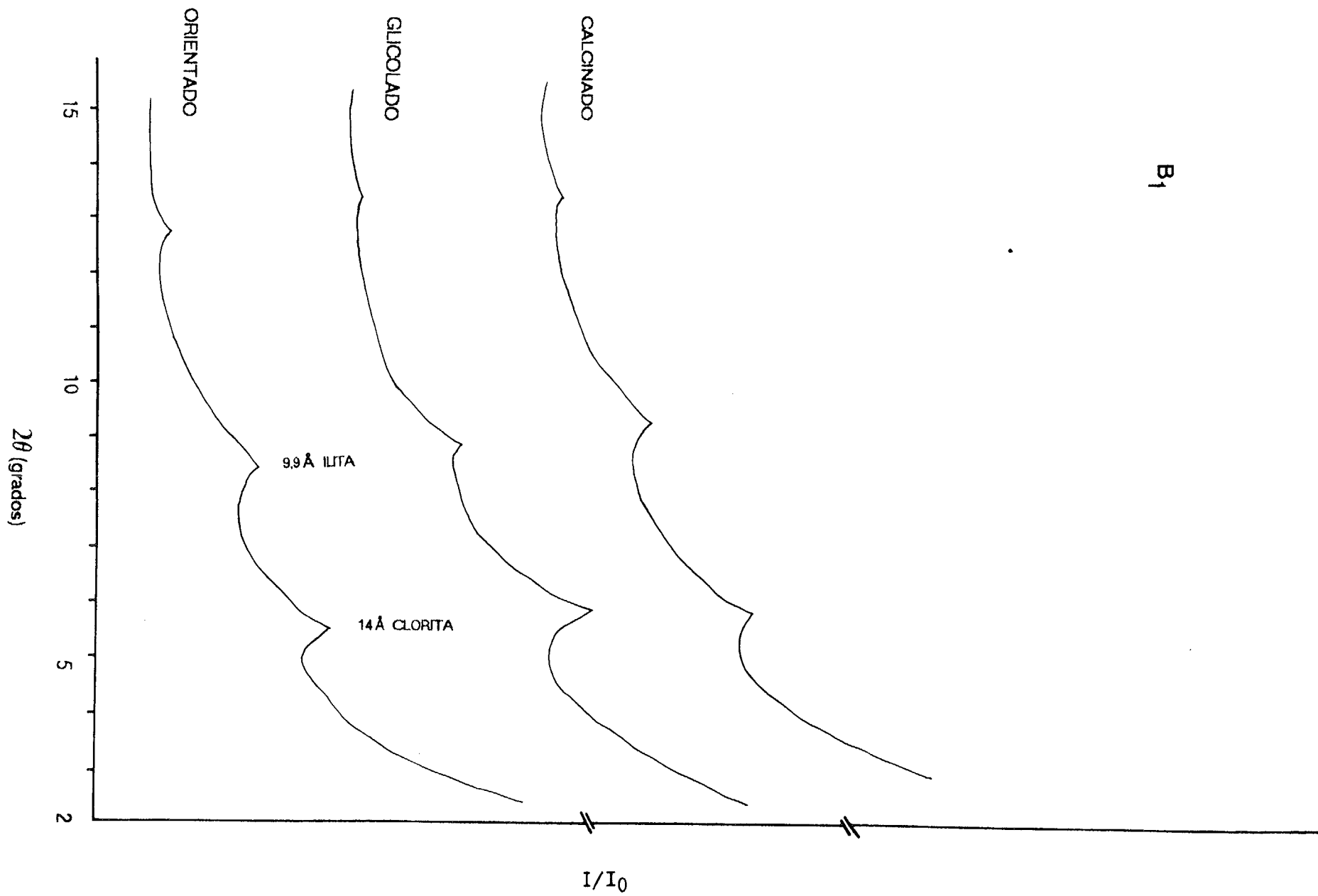
J₄



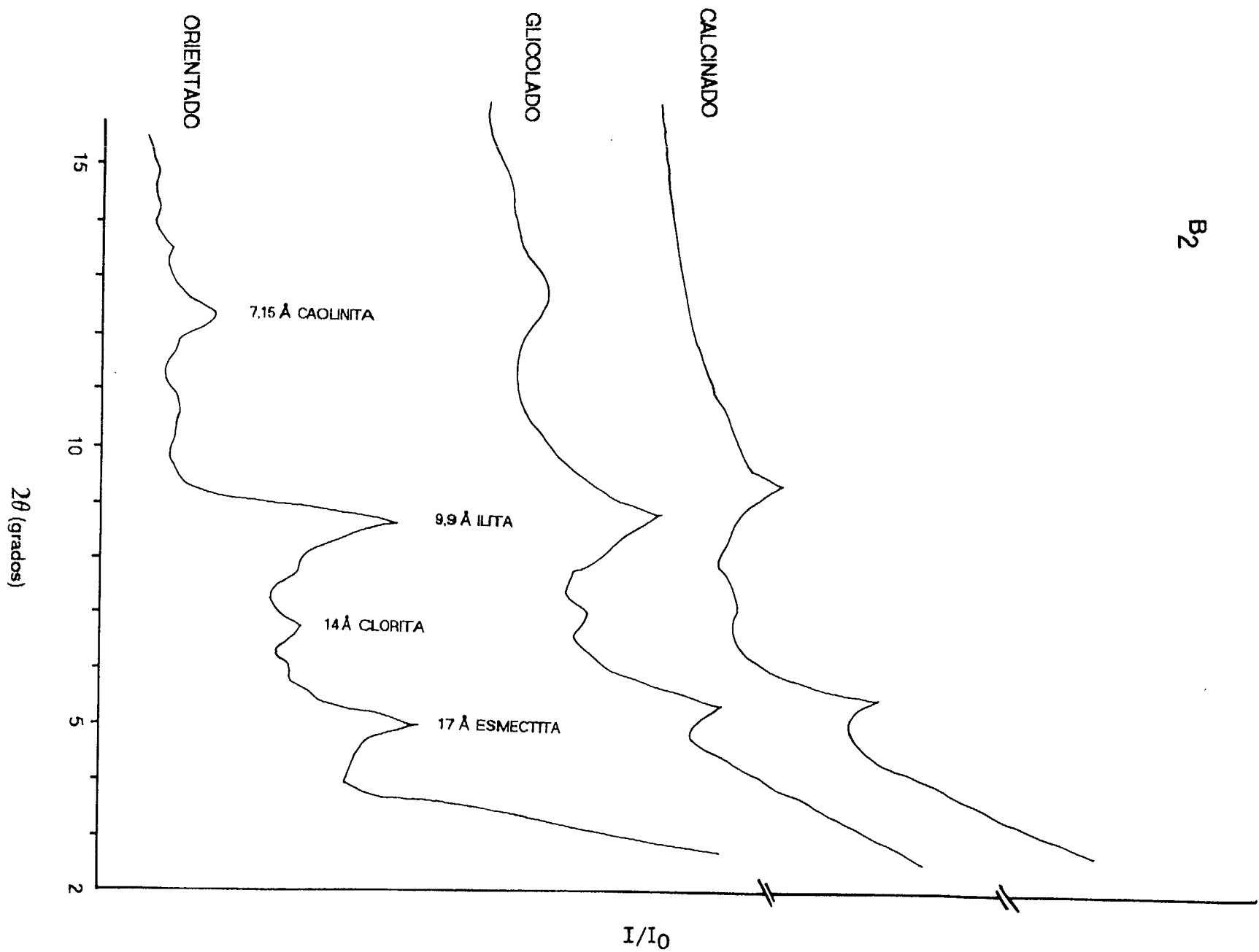


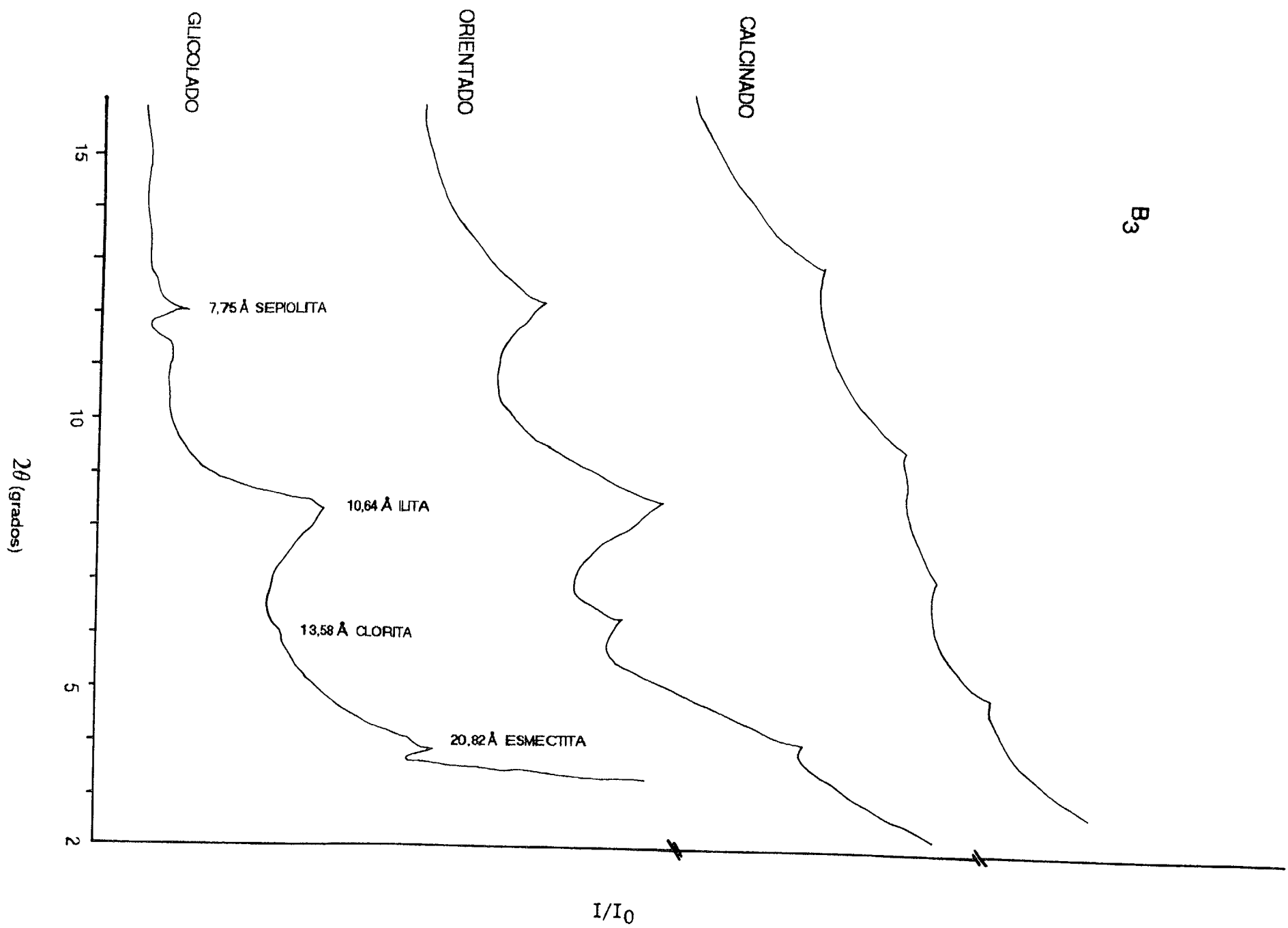


B₁

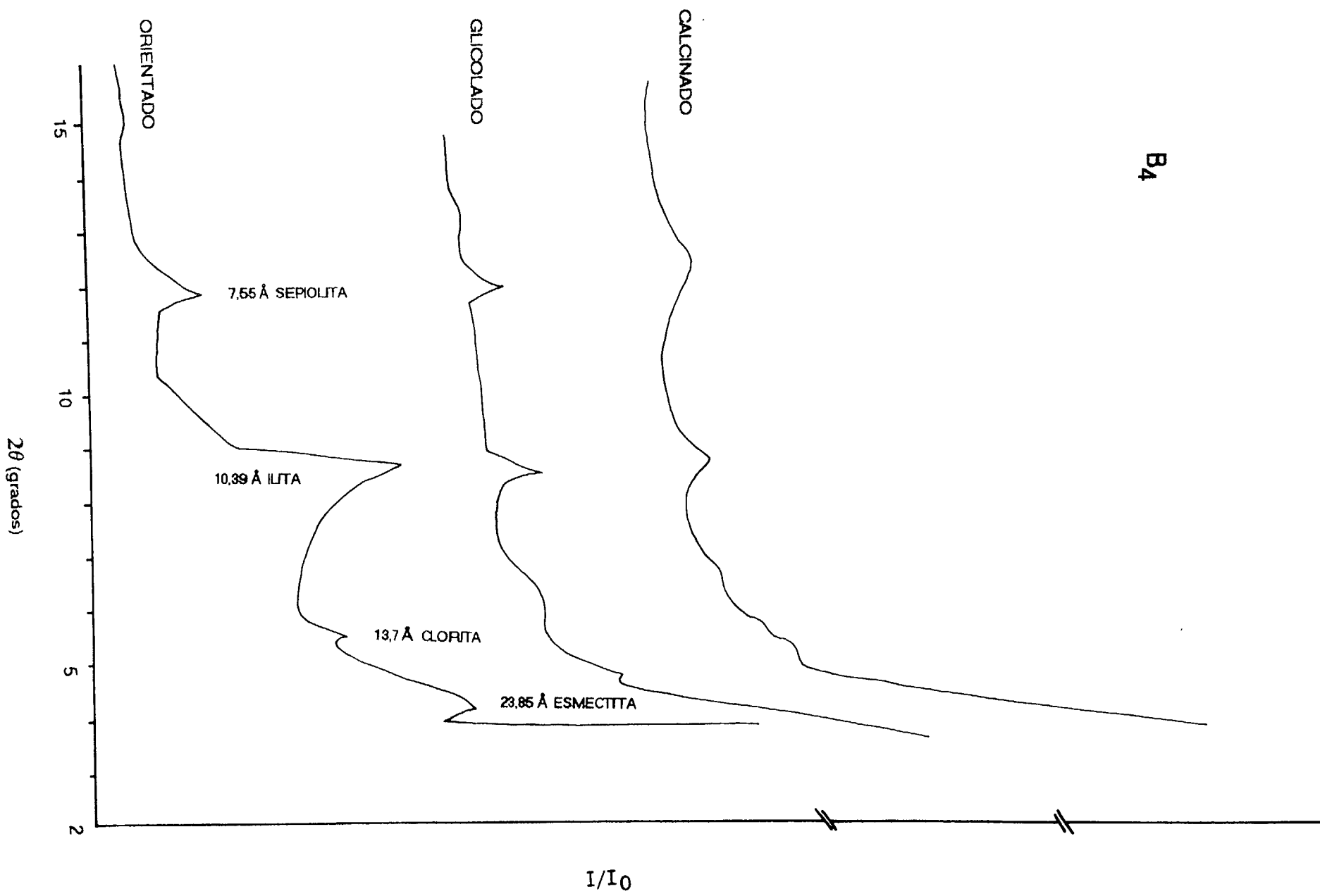


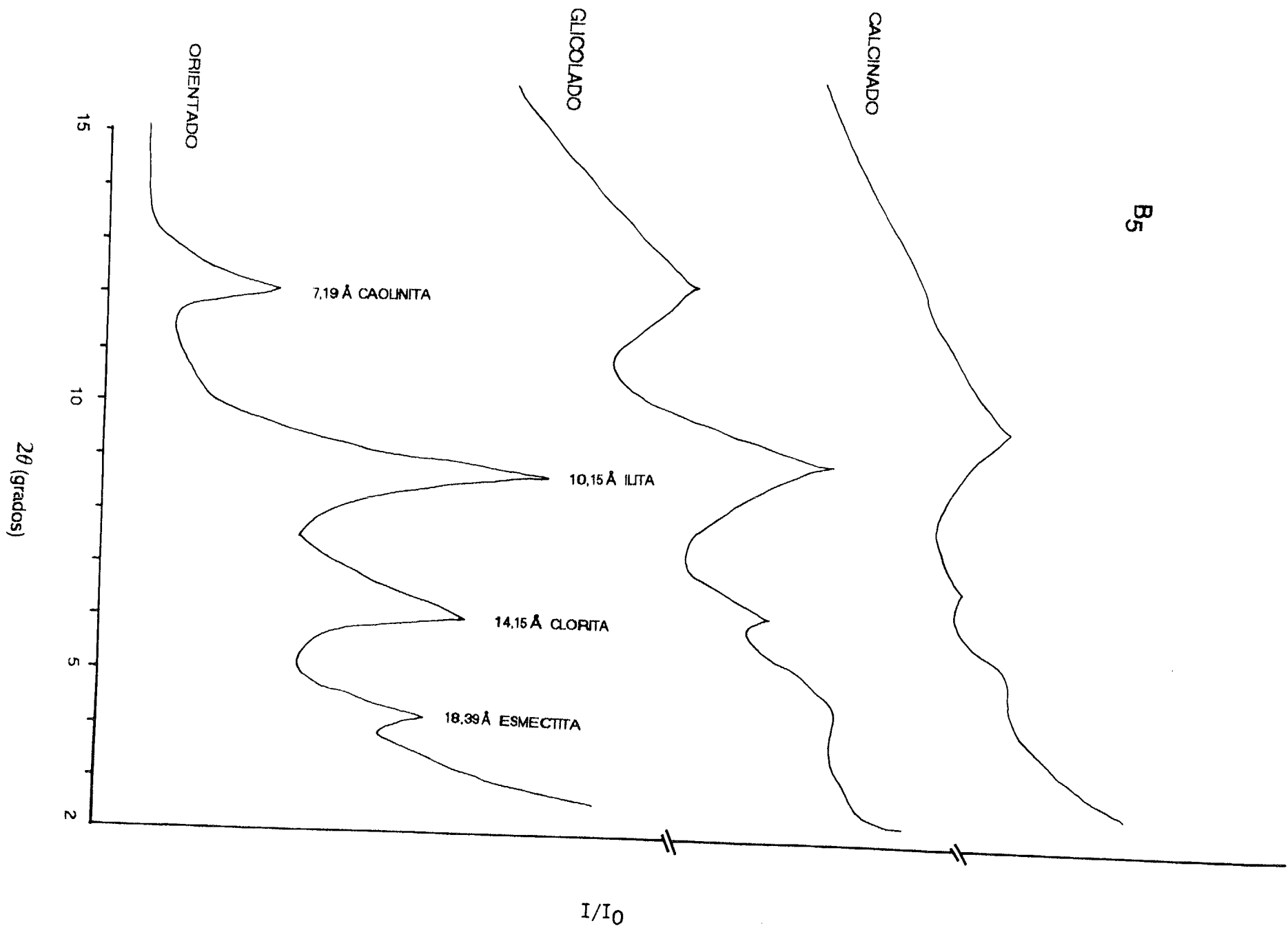
B₂

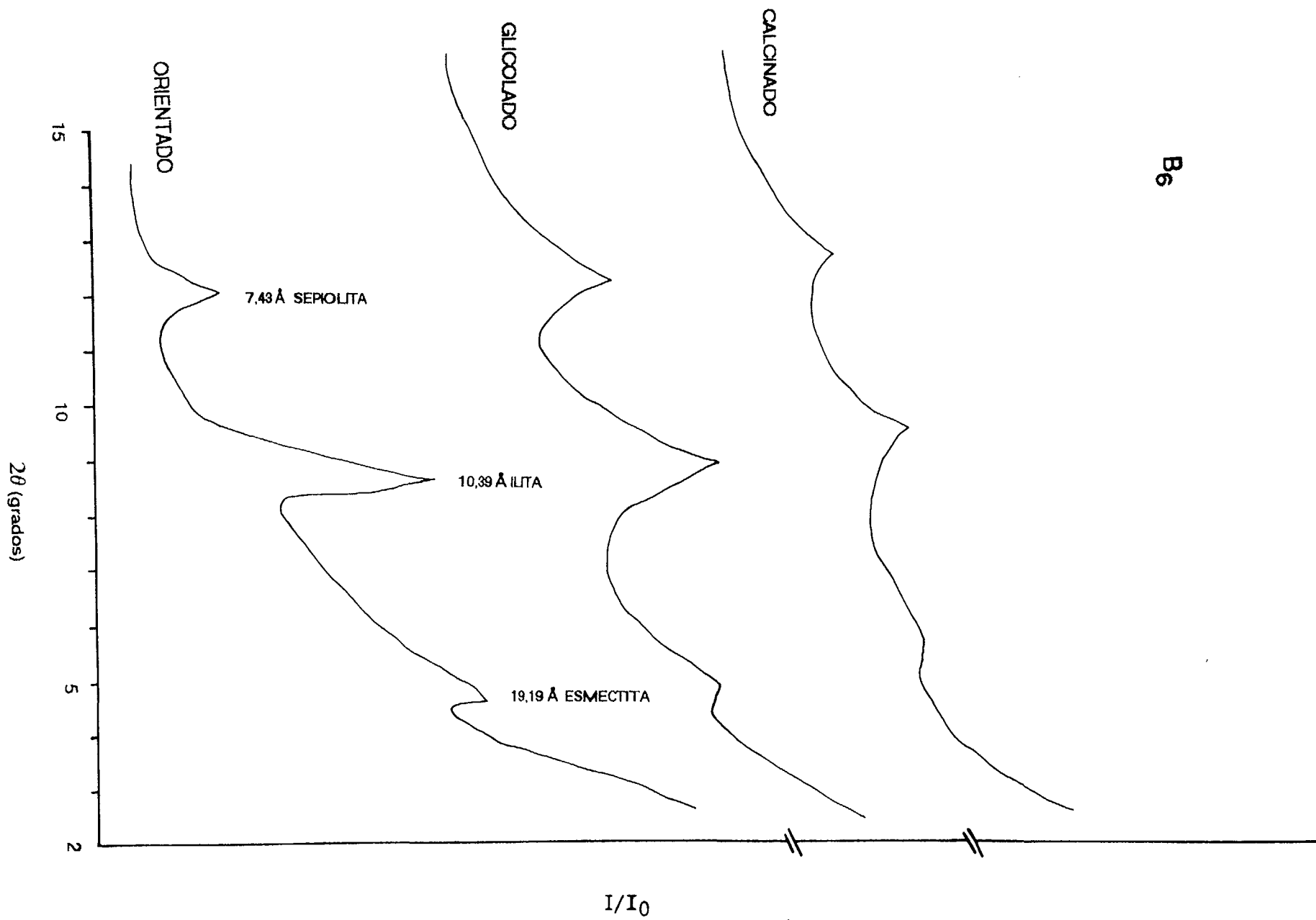


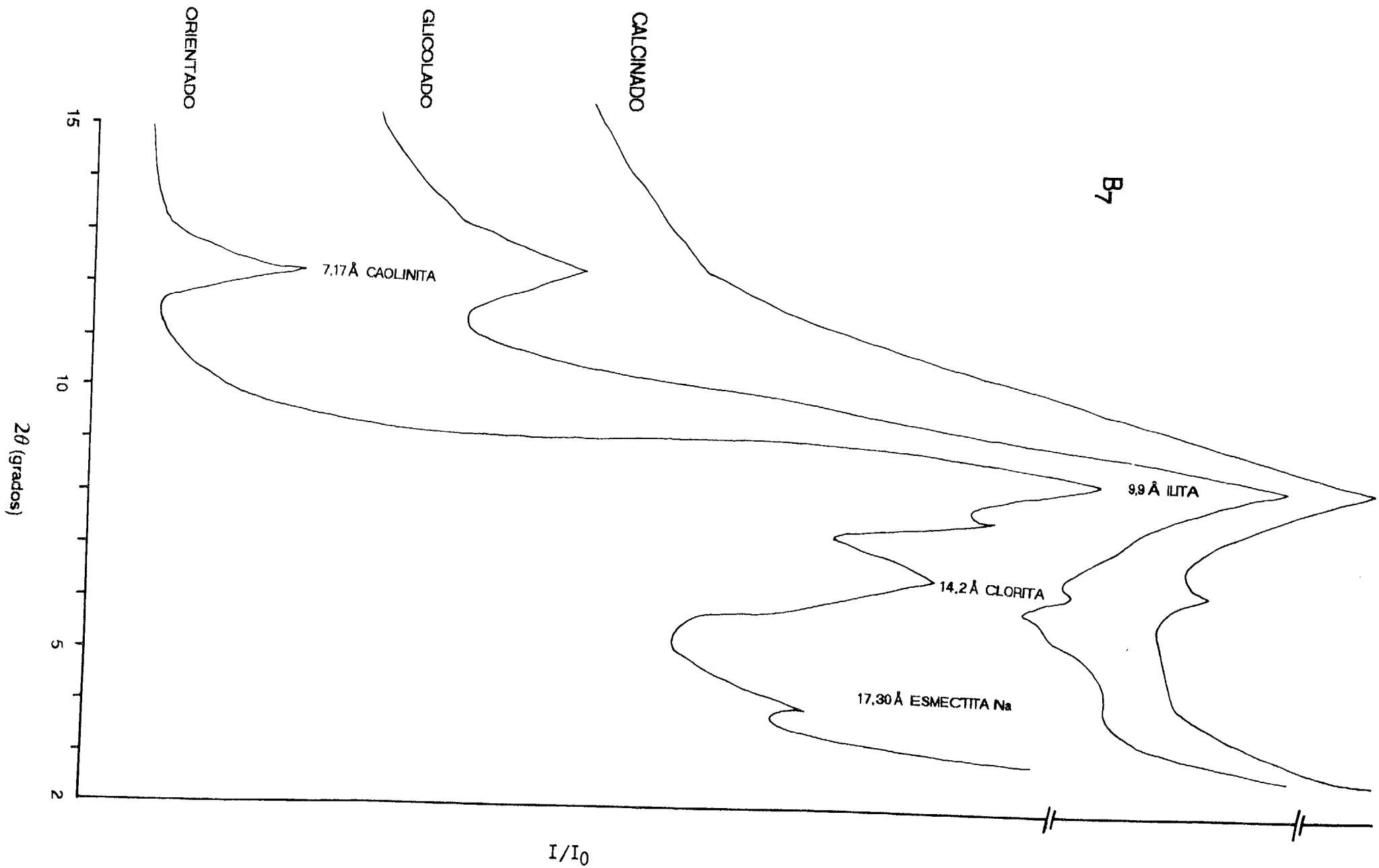


B₄

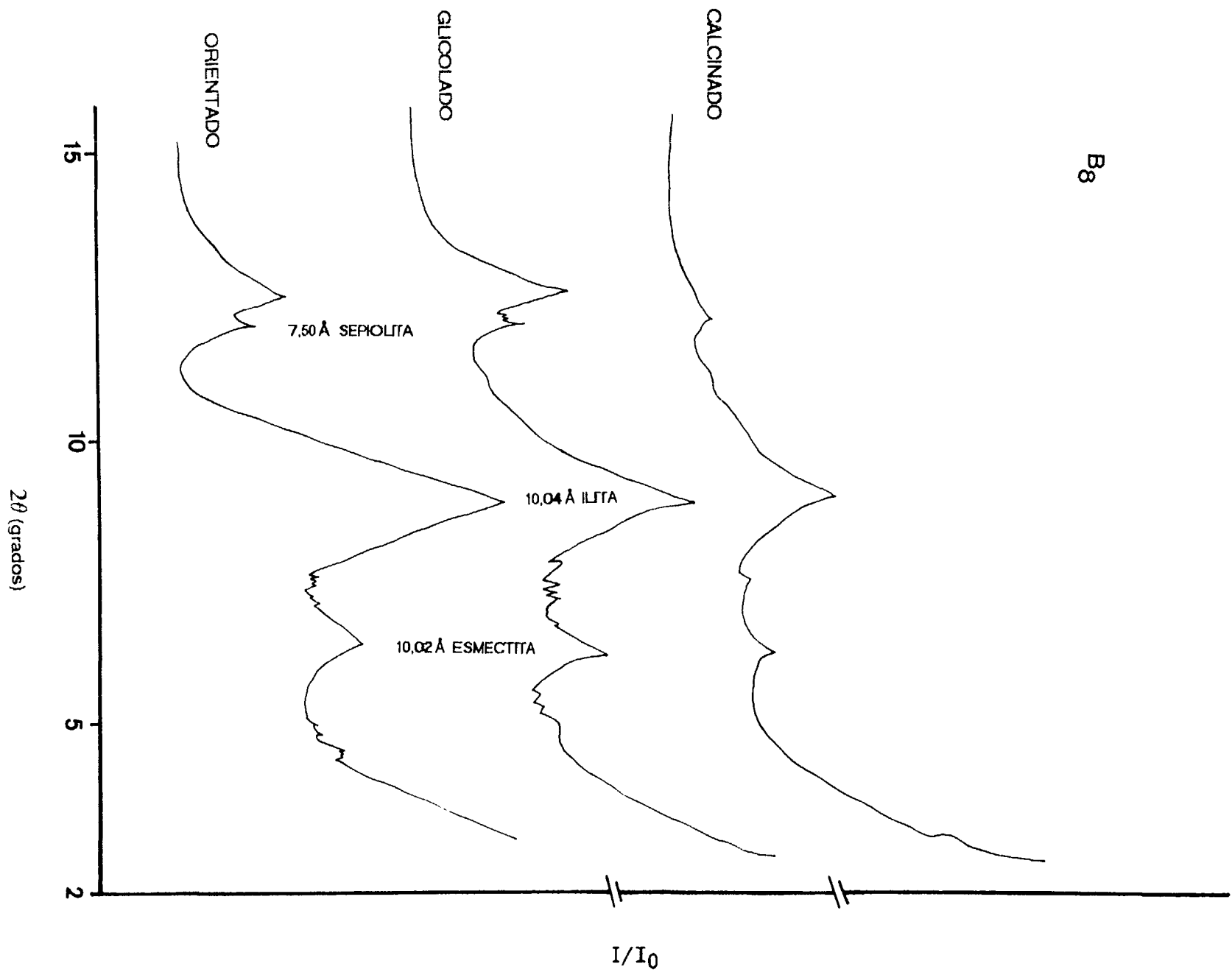








B₈



A₁

CALCINADO

GLICOLADO

ORIENTADO

7,16 Å CAOLINITA

10,273 Å ILTA

14,476 Å ESMECTITA

I/I_0

2θ (grados)

15

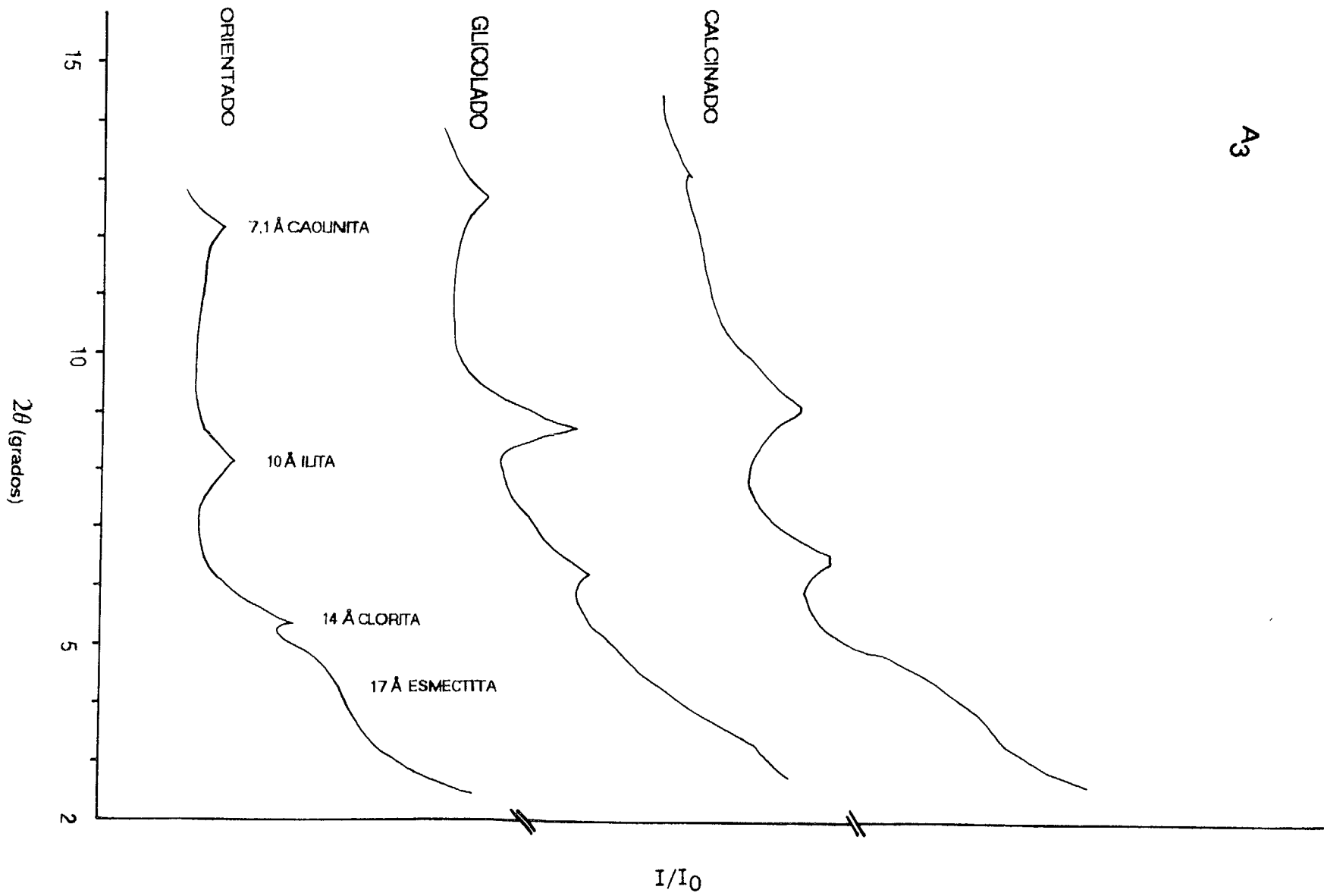
10

5

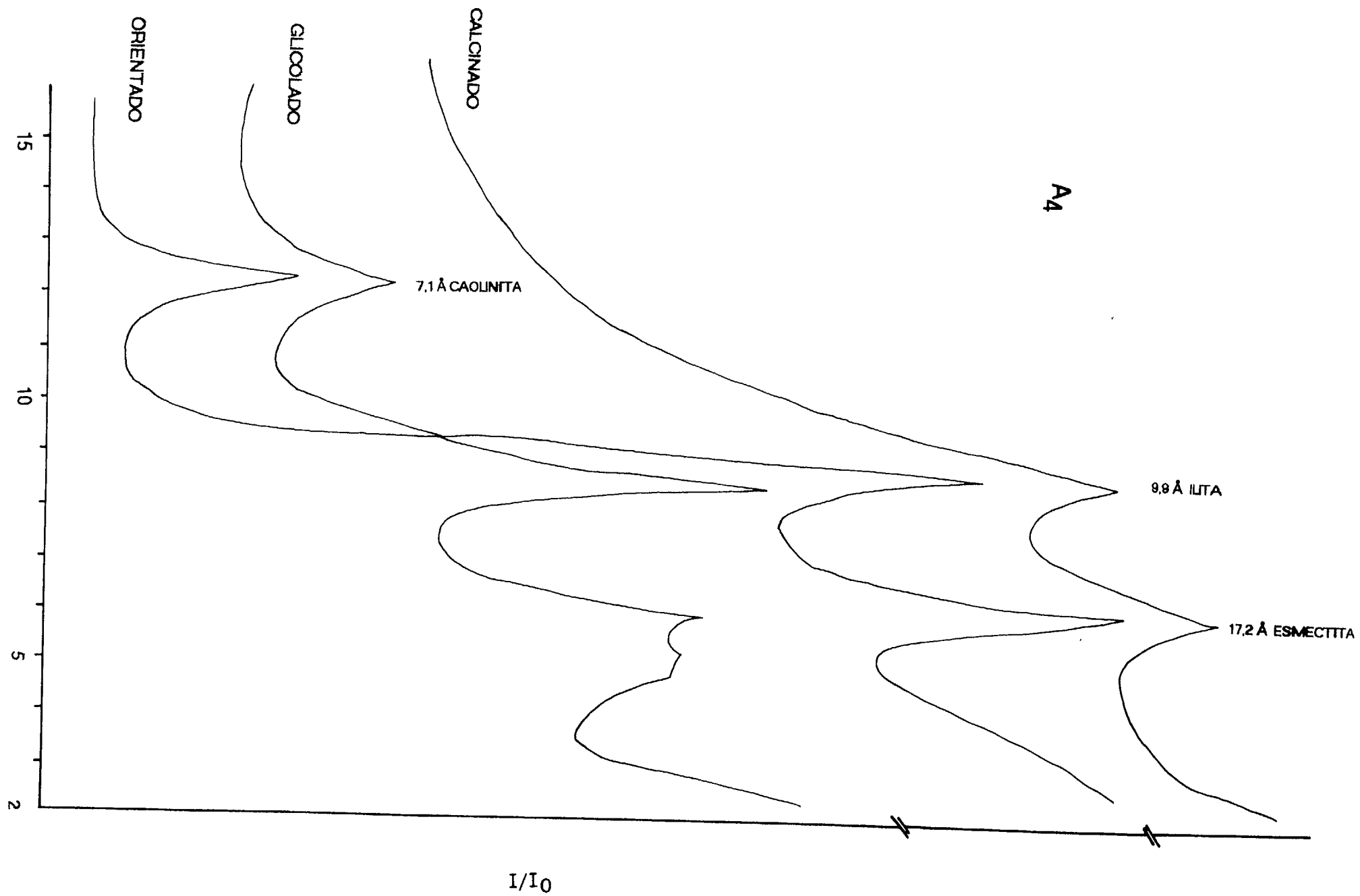
2

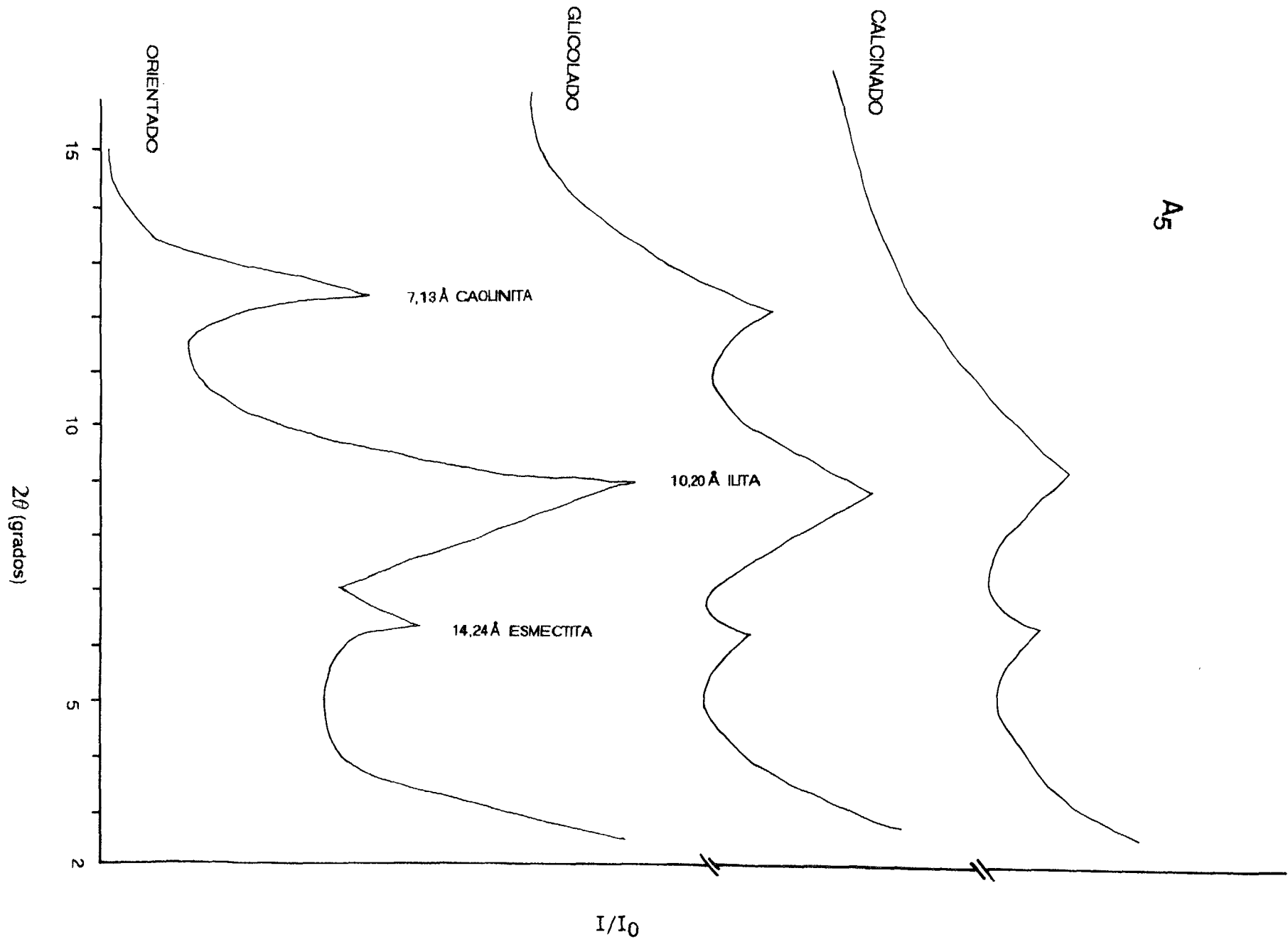


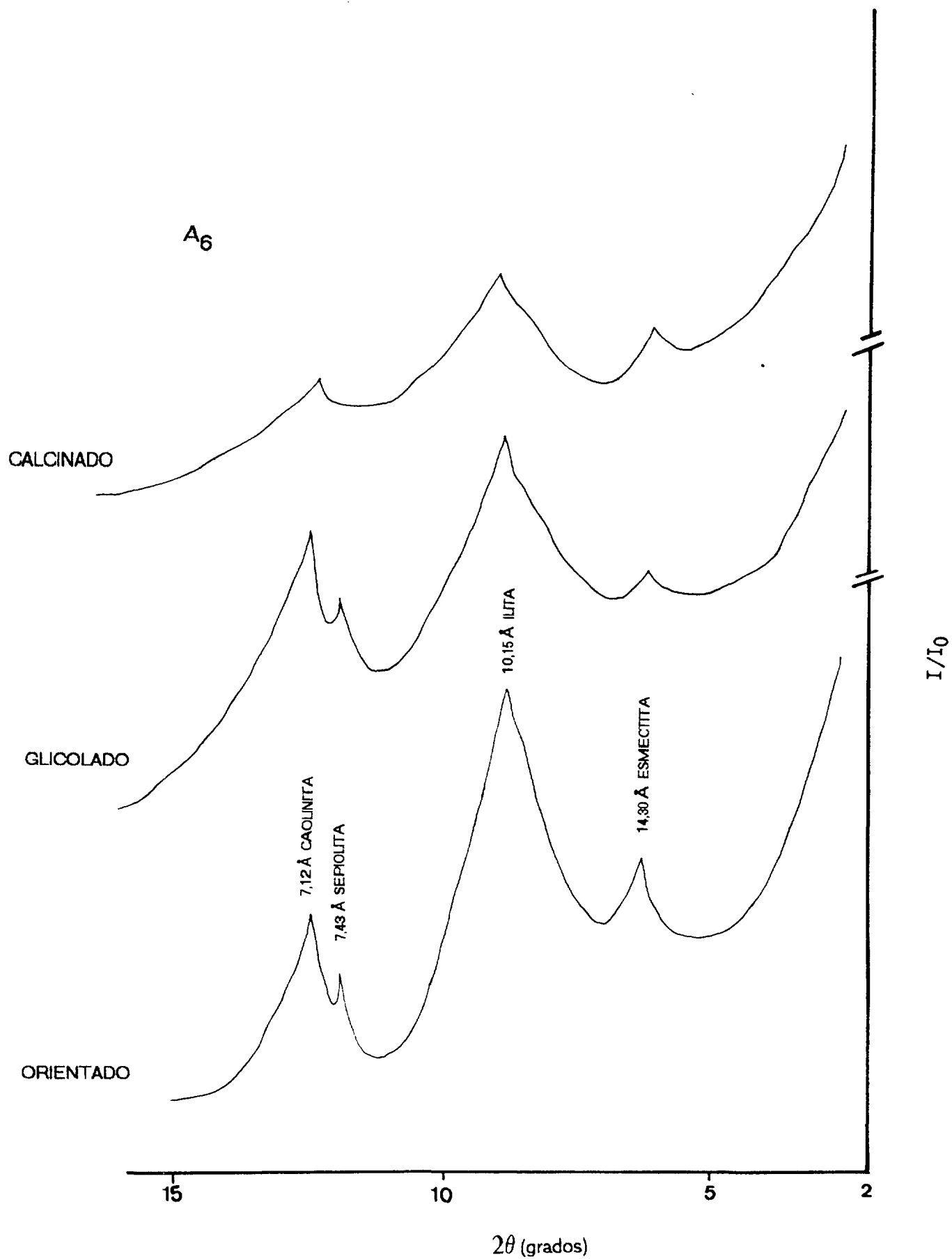
A₃

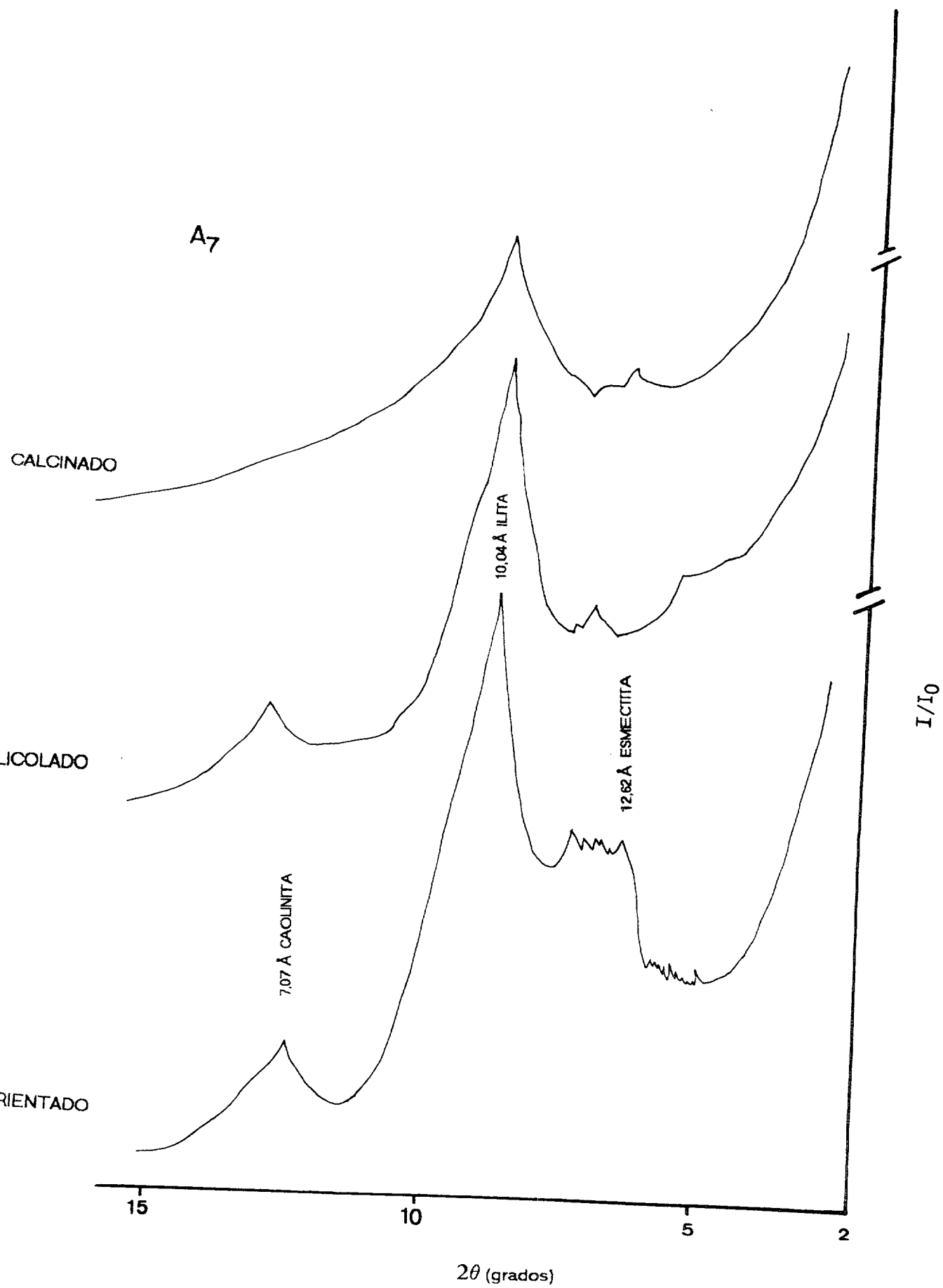


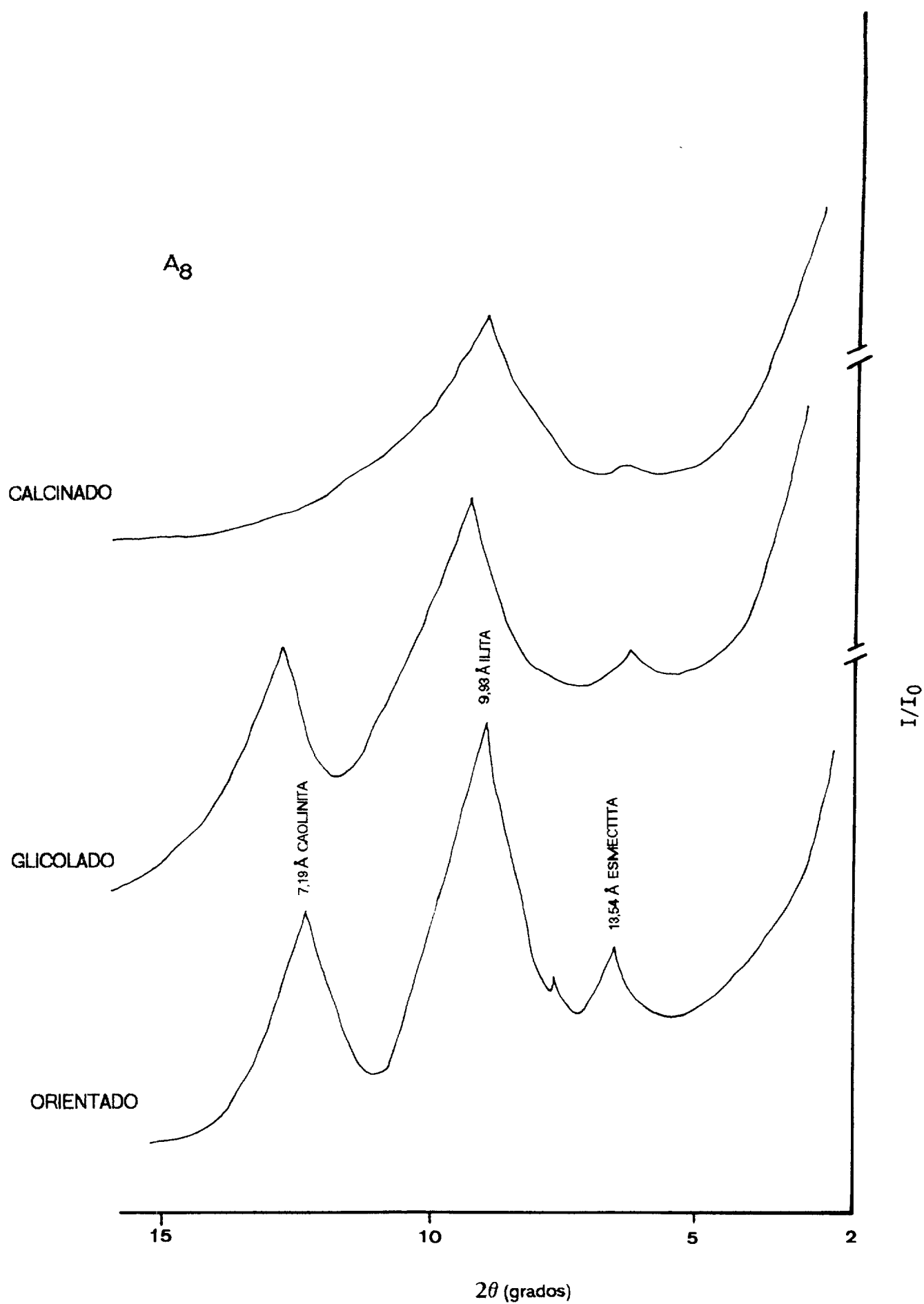
2θ (grados)











A₉

CALCINADO

GLICOLADO

ORIENTADO

7.13 Å CAOLINITA

9.60 Å ILITA

12.98 Å ESMECTITA

I/I₀

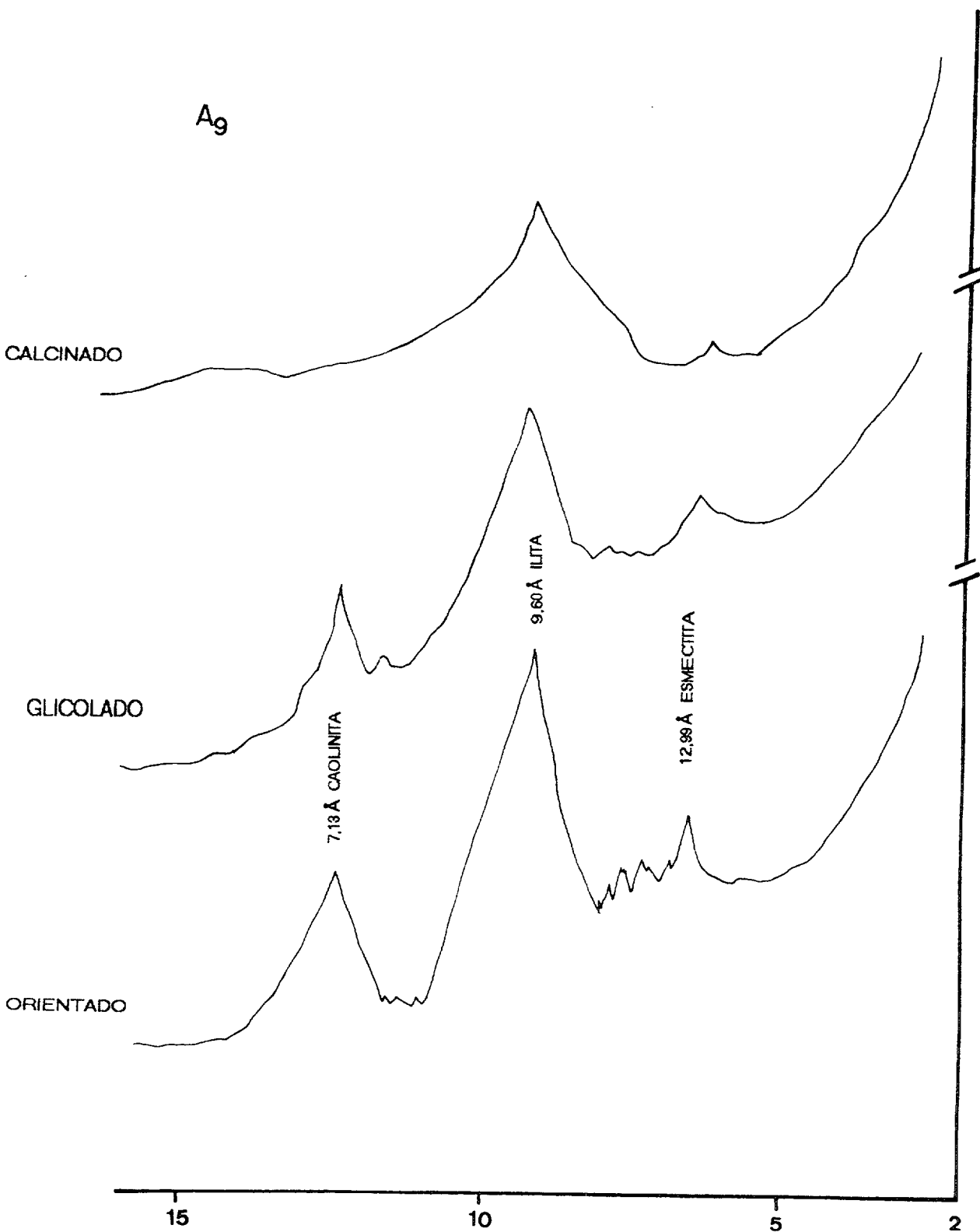
2θ (grados)

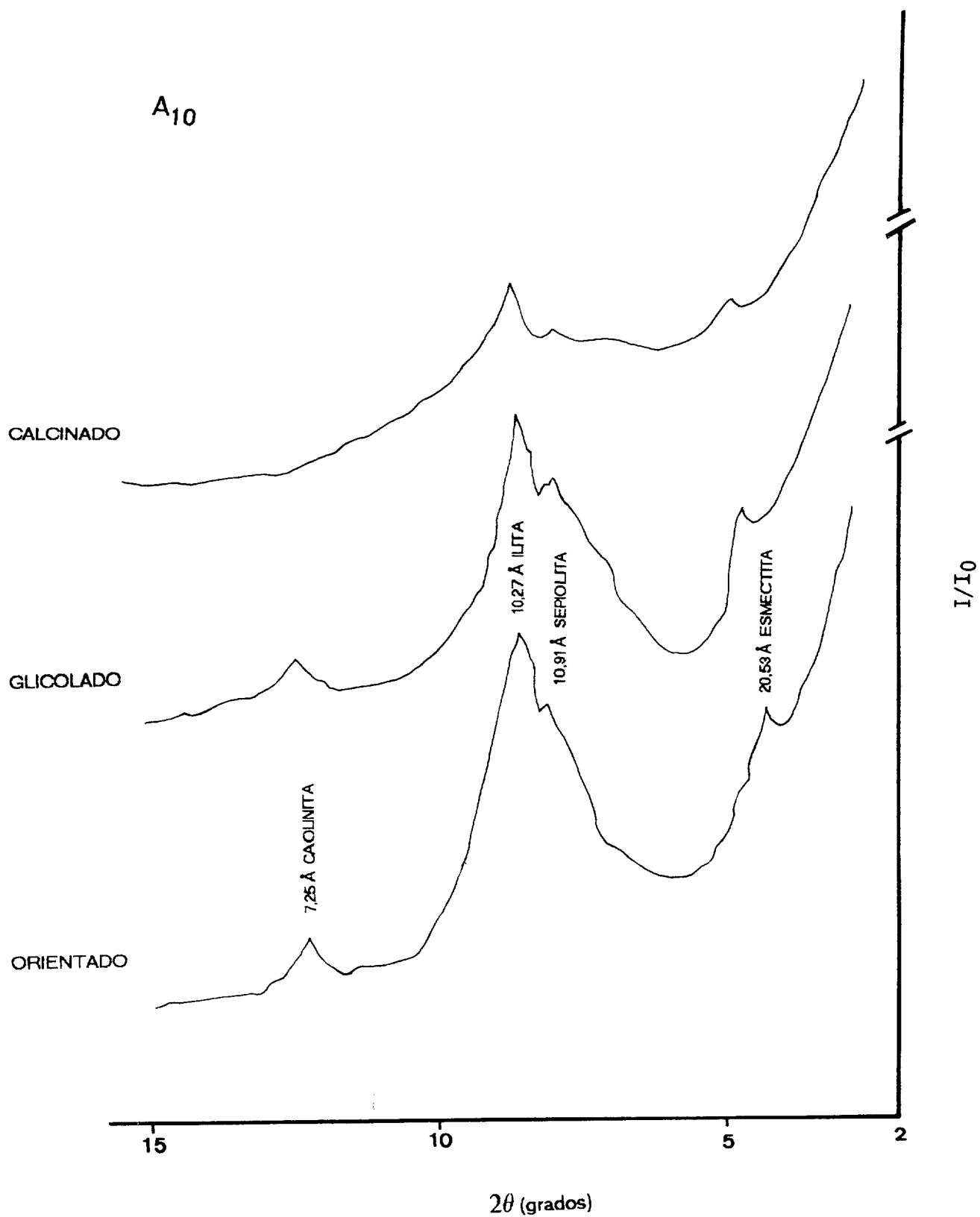
15

10

5

2





A₁₁

CALCINADO

GLICOLADO

ORIENTADO

7.26 Å CAOLINITA

10.52 Å ILITA

16.35 Å ESMECTITA

I/I₀

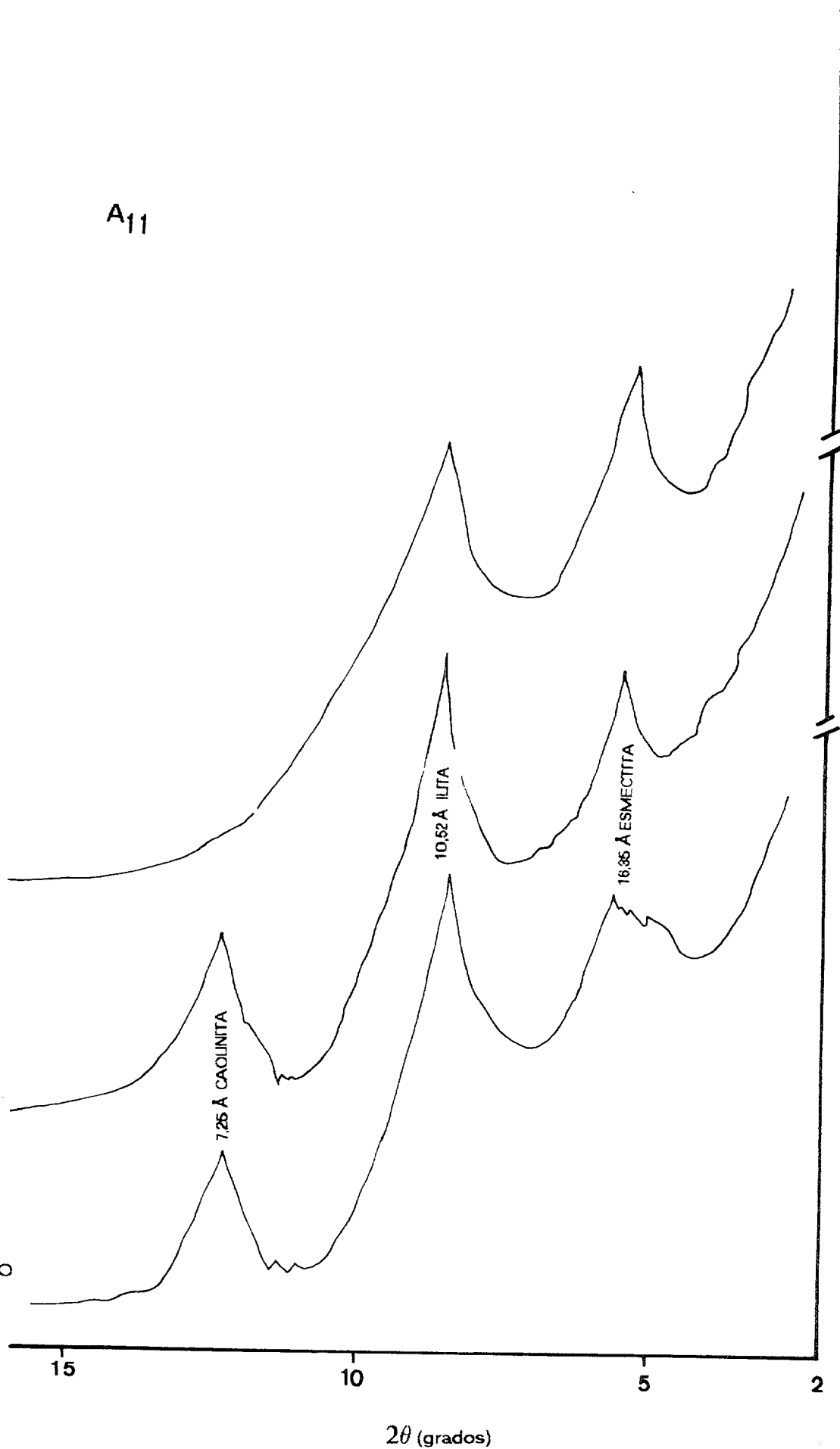
15

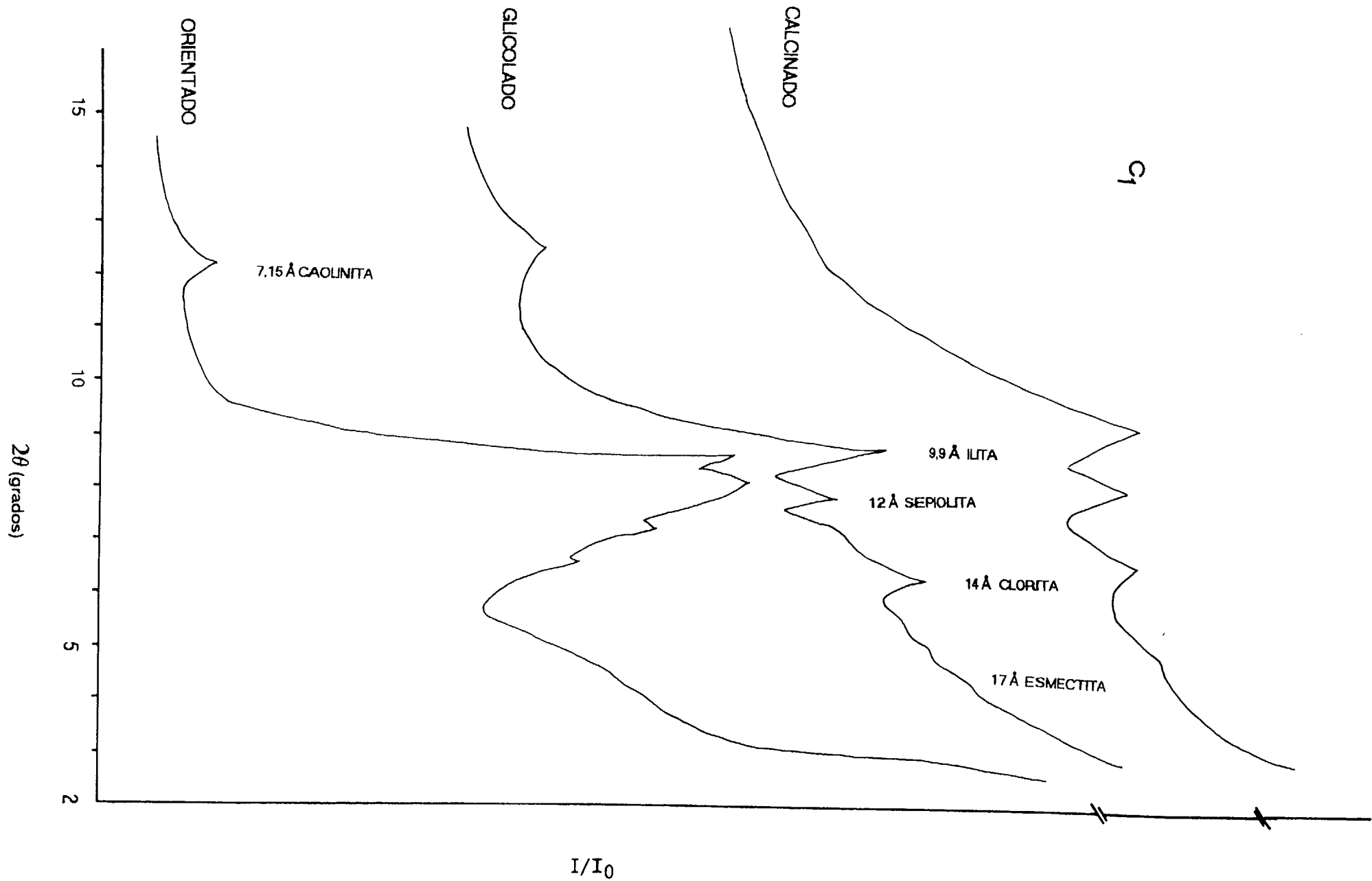
10

5

2

2θ (grados)





REUNIDO, EN EL DIA DE LA FECHA, EL TRIBUNAL QUE SUSCRIBE, ACORDO CONCEDER
A LA PRESENTE TESIS DOCTORAL LA CALIFICACION DE APTO CUM LAUDE
MADRID, SIETE DE MARZO DE 1995

EL PRESIDENTE,

EL SECRETARIO,

Eduardo M. de P. Blanca del Rio

FDO.:

FDO.:

PRIMER VOCAL,

SEGUNDO VOCAL,

TERCER VOCAL,

R. J. Balak









F. Pelu

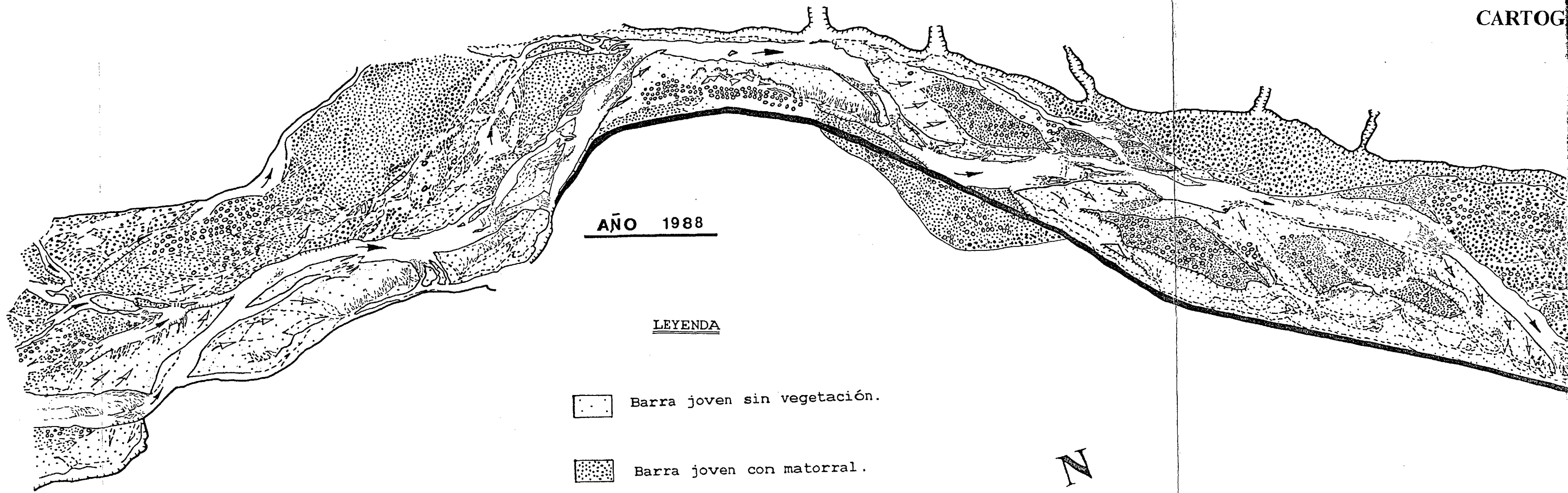
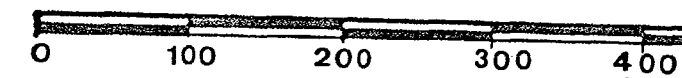
Serrano C.

FDO.: Rolando JIMENEZ FDO.: Francisco Pelu FDO.: Miguel Serrano Canadas

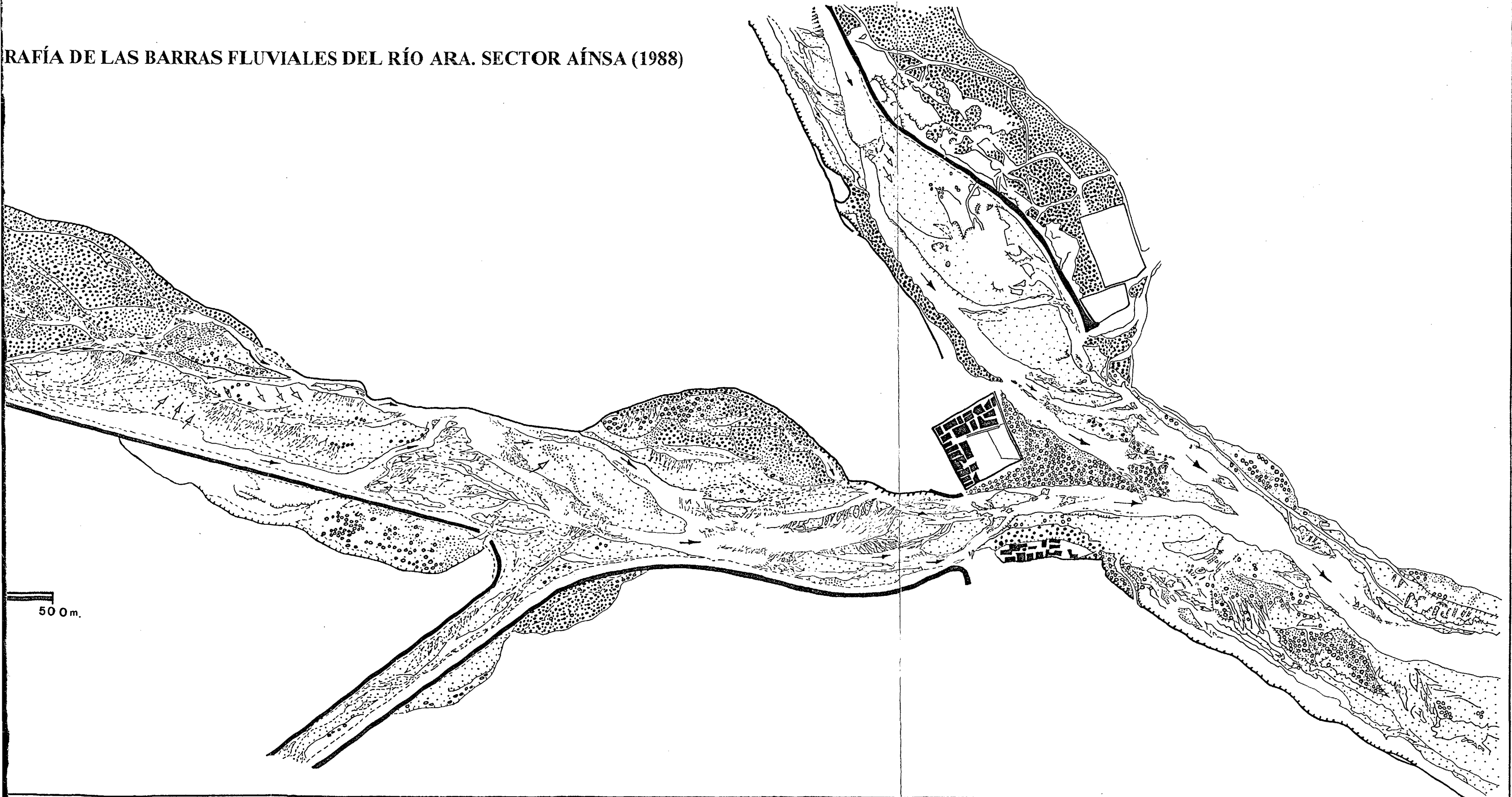
AÑO 1988

LEYENDA

-  Barra joven sin vegetación.
-  Barra joven con matorral.
-  Vegetación arbustiva y arbórea con sedimentos actuales
-  Barra antigua con matorral.
-  Barra antigua con árboles y arbustos.
-  Cauce principal
-  Posible cauce en épocas de avenidas
-  Escollera



RAFÍA DE LAS BARRAS FLUVIALES DEL RÍO ARA. SECTOR AÍNSA (1988)



CARTOGRAFÍA DE LAS BARRAS FLUVIALES DEL RÍO ARA,SECTOR BROTO (1988)



LEYENDA

- | | | | |
|--|---|--|-------------------------------|
| | Barra joven sin vegetación. | | Cauce actual |
| | Barra joven con matorral. | | Canales en épocas de avenida. |
| | Invasión de sedimentos recientes sobre barra antigua. | | Extracción de áridos |
| | Barra antigua con matorral | | Pista forestal |
| | Barra antigua con árboles y arbustos. | | |

